

**Novas Técnicas e Ferramentas para operações de Montagem e  
Afinação de componentes na indústria de moldes para Injeção  
Termoplástica**

**Moldes de Azeméis - MDA**

*Carlos Miguel Martins Gonçalves*

**Relatório do Projeto Final / Dissertação do MIEM**

Orientador na MDA: Pedro Gaspar

Orientador na FEUP: Prof. Joaquim Fonseca



**FEUP**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Fevereiro de 2014



Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes para injeção de termoplásticos.

*“A lot of times, people don't know what they want until you show it to them.”*

*Steve Jobs, Businessweek, 1998*

## **Resumo**

A qualidade dos produtos, o cumprimento dos prazos impostos pelos clientes e o máximo aproveitamento dos recursos de uma empresa são pontos que, cada vez mais, se traduzem na chave para o progresso.

É neste sentido que surge esta dissertação, uma vez que o setor das bancadas é uma peça fundamental na cadeia produtiva de um molde e está diretamente relacionado com o cumprimento dos prazos e com a qualidade do produto.

Como tal, melhorar o setor das bancadas renovando métodos, introduzindo tecnologias e aproveitando os recursos humanos disponíveis é, de todo, importante pois traduzir-se-á num aumento do tempo disponível para a realização das tarefas e consequentemente num aumento da qualidade dos produtos.

Assim sendo, trabalhou-se neste sentido, melhorando os métodos de algumas das operações críticas das bancadas, através da introdução de tecnologias em alguns dos casos e, noutros através da introdução de novas técnicas.

Conseguiu-se ainda converter atividades internas da bancada em atividades externas doutros setores, aproveitando-se assim, os recursos humanos disponíveis na empresa, que se traduzem em importantes economias para a mesma.

Tendo em conta tudo isto, o projeto apresentado nesta dissertação será o mote para a implementação do mesmo, devendo ser feita de forma gradual e acompanhada para que os métodos possam ser assimilados e se tornem uma prática comum.

Palavras-chave: novas técnicas e ferramentas, bancadas, análise de processos, moldes de injeção, MDA.

## **New techniques and tools for assembly and tuning operations of components in Thermoplastic Injection mould industry**

### **Abstract**

Product quality, meeting deadlines imposed by customers as well as obtaining maximum use of the company resources represent features which are becoming more and more essential to progress.

This project comes up in that sense, since the assembly sector is a critical piece in the production chain of a mould and is directly related both to the deadlines and the product quality.

As such, improving assembly sector by renewing methods, introducing technologies and leveraging the available human resources is of utmost importance, since this will be reflected in an increase in time available for the execution of tasks and consequently an increase in product quality.

Thus, efforts were made to improve methods of some assembly sector critical operations. In some cases, new technologies were applied and in others, those efforts were made through the use of new techniques.

In this project it was also possible to convert assembly sector internal activities into external activities of other sectors, by taking advantage of the available human resources in the company, which translated into significant cost savings.

Considering all this, the project presented in this dissertation will be the motto for it's implementation of the same, which should be done gradually and monitored so that methods can be assimilated and become a common practice.

Keywords: new techniques and tools, assembly sector, process analysis, injection molds, MDA.

## **Agradecimentos**

Agradeço a todos os elementos da MDA pela extrema disponibilidade, apoio e orientação nesta dissertação.

Gostaria de agradecer de uma forma mais particular ao Pedro Gaspar, Marco Lopes, José Lima, Marisa Correia, Pedro Fonseca, aos membros da Bancada 4 e ao João Vieira, por todo o apoio, dedicação e empenho com que me receberam desde o início.

Os meus agradecimentos vão também para o professor Joaquim Fonseca e para o professor Monteiro Batista, por todo o apoio e orientação prestados, bem como, a todo o corpo docente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Agradeço ainda, a todos os meus colegas e amigos que me acompanharam desde sempre, sendo a sua amizade um dos pilares da minha formação enquanto pessoa.

Quero agradecer também à Marília por todo o carinho, apoio e compreensão que sempre me prestou.

Por fim, um enorme agradecimento àqueles que são a base da minha existência, da minha formação e que sempre me apoiaram em todos os momentos, acreditando e desejando sempre o meu sucesso, os meus pais Celeste Gonçalves e Charles Gonçalves e a minha irmã, Alexandra Gonçalves.

## Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	O Projeto .....	1
1.2	Apresentação do Grupo Simoldes .....	1
1.2.1.	Moldes de Azeméis (MDA) .....	2
1.3	Estado-da-arte da indústria dos moldes .....	3
1.4	Objetivos .....	6
1.5	Organização e Temas Abordados no Presente Relatório .....	6
1.6	Estrutura do relatório .....	7
2	Fundamentos Teóricos .....	8
2.1	O molde para injeção de plásticos .....	8
2.1.1	Definição de Molde .....	8
2.1.2	Nomenclatura do molde .....	9
2.1.3	Processo de injeção .....	10
2.2	Fabrico do molde .....	11
2.2.1	Materiais utilizados .....	11
2.2.2	Processos de fabrico .....	12
2.2.3	Operações Complementares .....	21
2.3	Conceitos de Gestão .....	25
2.3.1	Melhoria Contínua .....	25
2.3.2	Análise de Processos .....	26
2.3.3	Cenários estratégicos .....	28
3	Estado atual da MDA .....	30
3.1	Organização da Empresa .....	30
3.2	Análise SWOT .....	31
3.3	O Produto .....	31
3.3.1	Conceção e desenvolvimento do produto .....	33
3.3.2	Planeamento da Produção .....	34
3.3.3	Produção .....	35
3.3.5	Metrologia .....	40
4	Caracterização do Processo Atual das Bancadas “As Is” .....	41
4.1	Introdução .....	41
4.2	Processo Geral da Bancada .....	41
4.3	Levantamento e caracterização das operações da bancada .....	44
4.3.1	Ligações Roscadas .....	44
4.3.2	Mandrilar furos .....	48
4.3.3	Afinar Veios .....	56
4.3.4	Verificações .....	59
4.4	Estado global .....	62
5	Caracterização do Processo “To Be” .....	63
5.1	Introdução .....	63
5.2	Propostas de melhoria .....	63
5.2.1	Ligações Roscadas .....	63
5.2.2	Mandrilar furos .....	75
5.2.3	Afinar Veios .....	86
5.2.4	Verificações .....	94

5.3	Análise dos Recursos da MDA.....	99
5.4	Estado global .....	102
6	Conclusões.....	103
7	Referências e Bibliografia .....	107
ANEXO A:	Tolerâncias dimensionais para furos e veios .....	109
ANEXO B:	Informações técnicas do Caudalímetro Digital. ....	110
ANEXO C:	Orçamento do Caudalímetro .....	113
ANEXO D:	Lista de Machos Comprados em 2013.....	114
ANEXO E:	Comparação entre Aparafusadoras .....	115
ANEXO F:	Dados da maquinação dos furos .....	116
ANEXO G:	Comparação entre Aparafusadoras .....	117



## Índice de Figuras

Figura 1 - <i>Timetable chart</i> [1].	1
Figura 2 - Logótipo da Divisão Moldes e Divisão Plásticos [1].	1
Figura 3 - Principais clientes do Grupo Simoldes.	2
Figura 4 - Vista exterior da MDA [1].	2
Figura 5 - Setor das Bancadas da MDA [Imagem do Autor].	3
Figura 6 - Componentes em plásticos produzidos na MDA [1].	3
Figura 7 - Principais destinos dos moldes Portugueses em 2006 [2].	4
Figura 8 - Principais indústrias clientes em 2006 [2].	4
Figura 9 - Posicionamento estratégico genérico das empresas do sector [3].	5
Figura 10 - Mercados Alvo [3].	5
Figura 11 - Macho e cavidade de um molde [Imagem do Autor].	8
Figura 12 - Partes principais de um molde de 2 placas [17].	9
Figura 13 - Exemplo da numeração atribuída aos componentes. [14]	10
Figura 14 - Ciclo de um processo de injeção [6]	10
Figura 15 - Materiais utilizados na construção de moldes [10].	12
Figura 16 - Exemplo de uma fresadora.	13
Figura 17 - Fresagem tangencial [8].	13
Figura 18 - Fresagem frontal [8].	14
Figura 19 - Exemplo de um torno [9].	14
Figura 20 - Esquema da operação de torneamento [9].	15
Figura 21 - Tipos de tornos [9].	15
Figura 22 - Operações de torneamento [9].	16
Figura 23 - Critérios gerais para a escolha das ferramentas [23].	16
Figura 24 - Esquema do processo de eletroerosão [25].	17
Figura 25 – Representação do Gap [7].	17
Figura 26 - Eletroerosão por fio [25].	18
Figura 27 – Processos de furação [10].	18
Figura 28 – Tipos de furação [10]	19
Figura 29 - Esquema dos parâmetros de corte na furação [10].	19
Figura 30 - Esquema de uma furadora manual [10].	20

Figura 31 - Esquema de uma furadora CNC [10].....	20
Figura 32 – Exemplo de mandril multicortante [10]. ....	22
Figura 33 – Exemplo de mandril monocortante [10]. ....	22
Figura 34 - Exemplo de um desandador [Imagem do Autor].....	23
Figura 35 - Machos manuais [11].....	23
Figura 36 - Machos de máquina [Imagem do Autor]. ....	24
Figura 37 - Cabeça de roscar para CNC [11]. ....	24
Figura 38 - Exemplo de uma caçonete [Imagem do Autor]. ....	24
Figura 39 - Porta machos para caçonetes [Imagem do Autor]. ....	25
Figura 40 - Ciclo de melhoria contínua PDCA [20].....	26
Figura 41 - Fluxogramas de informação [13].....	27
Figura 42 – Representação da análise SOWT [21].....	29
Figura 43 - <i>Layout</i> das fábricas da MDA. ....	30
Figura 44 - Fluxograma de informação da MDA [22]. ....	32
Figura 45 - Fluxograma das atividades do Departamento de Conceção e desenvolvimento [22]. ....	33
Figura 46 - Exemplo de um plano de produção de um molde do Grupo. ....	34
Figura 47 - Exemplo de erosão [Imagem do Autor].....	36
Figura 48 - Setor das bancadas da MDA [Imagem do Autor].....	36
Figura 49 - Exemplo de ajustamento de componentes [Imagem do Autor].....	37
Figura 50 - Componente acabado de ajustar [Imagem do Autor]. ....	37
Figura 51 - Fluxograma a operação de ajustamento de componentes [Imagem do Autor].....	38
Figura 52 - Macho apertado na prensa para operação de ajuste [Imagem do Autor].....	39
Figura 53 - Molde a ser ajustado na prensa [Imagem do Autor].....	39
Figura 54 - Exemplo do controlo dimensional a um levantador [Imagem do Autor]. ....	40
Figura 55 - Fluxograma da bancada parte 1 [Imagem do Autor]. ....	42
Figura 56 - Fluxograma da bancada parte 2 [Imagem do Autor]. ....	42
Figura 57 - Fluxograma da bancada parte 3 [Imagem do Autor]. ....	43
Figura 58 - Exemplo dos vários métodos de abrir roscas existentes [Imagem do Autor].....	44
Figura 59 - Gráficos referentes às quantidades e percentagem de furos roscados na bancada.	46
Figura 60 - Fluxograma da roscagem dos furos na bancada. ....	46
Figura 61 - Exemplo de uma operação de mandrilagem [Imagem do Autor].....	48
Figura 62 - Exemplo de casquilhos para utilizar num molde [Imagem do Autor].....	49
Figura 63 - Exemplo da utilização de casquilhos [Imagem do Autor].....	49
Figura 64 - Furo mandrilado com mau acabamento [Imagem do Autor].....	50

Figura 65 – Exemplo de zonas sem casquilho.....	52
Figura 66 - Detalhes técnicos dos casquilhos utilizados [14].....	53
Figura 67 - Consequências dos problemas dos mandrilados. ....	55
Figura 68 - Exemplo de um componente com taco de alumínio [Imagem do Autor].....	56
Figura 69 - Ajustamento do veio ao componente.....	56
Figura 70 – Ajustamento do comprimento dos veios. ....	57
Figura 71 - Exemplo de um veio com movimentos [Imagem do Autor]. ....	58
Figura 72 - Bomba do óleo e sistema de extração levantado [Imagem do Autor]. ....	59
Figura 73 - Bomba da água para verificação de fugas [Imagem do Autor]. ....	60
Figura 74 - Área de medição do caudal [Imagem do Autor].....	60
Figura 75 - Fluxograma da operação de verificação das fugas e medição dos caudais. ....	61
Figura 76 - Placa utilizada para o teste [Imagem do Autor].....	64
Figura 77 - Adaptador criado para utilizar os machos na aparafusadora [Imagem do Autor].	65
Figura 78 - Fluxograma da operação de Roscar na bancada com aparafusadora de macho direto [Imagem do Autor].....	71
Figura 79 - Fluxograma da Proposta 2 [Imagem do Autor]. ....	74
Figura 80 – Detalhe técnico de um casquilho [14].....	75
Figura 81 - Mandris Nanofix. ....	76
Figura 82 - Mandris Precimaster .....	76
Figura 83 - Mandris abrasivos Sunnen. ....	77
Figura 84 - Placa de teste [Imagem do Autor]. ....	77
Figura 85 - Detalhe do sistema de aperto. ....	80
Figura 86 - Consequências dos erros provocados pelos mandrilados. ....	84
Figura 87 - Custo do retrabalho. ....	84
Figura 88 - Exemplo de comprimento a medir [Imagem do Autor].....	86
Figura 89 - Pormenor do Ponto A. ....	87
Figura 90 - Desenho de detalhe do aperto do veio ao carrinho [14]. ....	88
Figura 91 - Dimensões do Ponto A [14].....	88
Figura 92 - Exemplo de um sensor Laser e de um LVDT.....	89
Figura 93 - Interior de um LVDT [15]. ....	90
Figura 94 - Logótipo e alguns produtos da GEFTRAN.....	90
Figura 95 - Transdutor de posição linear magnetoestrutivo. ....	91
Figura 96 - Detalhes técnicos do transdutor de posição linear. ....	91
Figura 97 - Detalhe técnico do anel do transdutor IK. ....	92
Figura 98 - Transdutor de deslocamento linear Pk .....	92

Figura 99 - Caudalímetro.....	95
Figura 100 - Caudalímetro digital proposto. ....	95
Figura 101 - Gamas dos caudalímetros para orçamentação. ....	96
Figura 102 - Dimensões gerais do caudalímetro. ....	96
Figura 103 - Fluxograma da verificação de fugas e caudais. ....	97
Figura 104 - Excreto do orçamento dos caudalímetros. ....	97
Figura 105 - Gráfico que representa as percentagens de ocupação dos operadores da MECOF. .....	100
Figura 106 - Distribuição dos operadores num turno com 2 elementos.....	101
Figura 107 - Distribuição dos operadores num turno com 1 elemento. ....	101

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Sobre espessuras de Maquinagem. ....	35
Tabela 2 - Quantidade de furos roscados na bancada.....	45
Tabela 3 - Média das quantidades de furos roscados por molde e por ano na bancada. ....	45
Tabela 4 - Resumo das medições dos tempos de roscagem em moldes das bancadas.....	47
Tabela 5 - Tempos médios por furo e percentagem de uso por processo.....	47
Tabela 6 - Estado atual dos furos roscados na bancada (M6). ....	48
Tabela 7 - Componentes sem casquilho. ....	51
Tabela 8 - Componentes com casquilho.....	52
Tabela 9 - Metodologias e estratégias. ....	53
Tabela 10 - Metodologias e estratégias (continuação). ....	54
Tabela 11 - Estado atual da medição dos veios .....	59
Tabela 12 - Gastos anuais na verificação do sistema de refrigeração. ....	62
Tabela 13 - Tempos gastos atualmente. ....	62
Tabela 14 - Resultados obtidos nos testes aos métodos da bancada. ....	66
Tabela 15 - Dados de roscar furos numa CNC.....	67
Tabela 16 - Comparação entre métodos. ....	68
Tabela 17 - Resultados obtidos numa situação real.....	68
Tabela 18 - Custos do processo atual e da aparafusadora. ....	69
Tabela 19 - Custos fixos de cada método. ....	70
Tabela 20 - Custos anuais de cada processo.....	70
Tabela 21 - Comparação entre os custos do processo atual e o futuro.....	71
Tabela 22 - Cálculo do ROI.....	71
Tabela 23 - Custos fixos de cada método. ....	72
Tabela 24 - Custos anuais de cada processo.....	73
Tabela 25 - Comparação entre os custos do processo atual e o futuro.....	73
Tabela 26 - Cálculo do ROI.....	73
Tabela 27 - Características da placa de teste .....	78
Tabela 28 - Estratégia de maquinação proposta pela SECO. ....	78
Tabela 29 - Características das brocas utilizadas. ....	79
Tabela 30 - Características dos mandris utilizados. ....	79
Tabela 31 - Imagens do acabamento superficial dos furos.....	81

Tabela 32 - Resultados do teste à solução A (SECO). ....	82
Tabela 33 – Análise financeira .....	85
Tabela 34 - Retorno do investimento ROI.....	85
Tabela 35 - Peso das principais atividades na afinação de veios.....	93
Tabela 36 - Ganho esperado. ....	94
Tabela 37 - Comparação entre o processo atual e o futuro. ....	98
Tabela 38 - ROI. ....	98
Tabela 39 - Tempo necessário .....	99
Tabela 40 - Resumo dos dados recolhidos da MECOF.....	100
Tabela 41 - Disponibilidade do setor das MECOF.....	102
Tabela 42 - Resumo das propostas apresentadas. ....	102

## Glossário

SA – Simoldes Aços;

MDA – Moldes de Azeméis;

IMA – Indústria de Moldes de Azeméis;

ACS – *Advanced costumer service*;

SP – Simoldes Plásticos;

SPB – Simoldes Plásticos Brasil;

CNC – *Computer Numeric Control*;

CAM – *Computer-Aided Manufacturing*;

Gap – Termo utilizado em eletroerosão para designar a largura da abertura;

PDCA – Sigla utilizada para caraterizar as palavras-chave da estratégia de melhoria contínua (*Plan, Do, Check, Act*);

SWOT – Sigla utilização para caraterizar as palavras-chave da metodologia de posicionamento estratégico das empresas (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*);

*Layout* – Palavra inglesa, que na indústria normalmente é utilizada para definir o esboço que define o espaço físico da mesma.

DES – Departamento de engenharia e sistemas;

DED – Departamento de estudos e desenho;

*Jobshop* – terminologia utilizada para designar um processo onde são produzidos elevados números de artigos diferentes, por norma, em pequenas quantidades e geralmente de acordo com determinadas especificações do cliente;

LVDT – Sigla que define um Transformador Diferencial de Variável Linear (*Linear Variable Differential Transformer*)

ROI – Termo utilizado para designar o cálculo do retorno de um investimento (*Return of investment*);

*Setup* - Tempo decorrido para a troca (ferramenta, programa, equipamento) de um processo em execução até a inicialização do próximo processo.

## 1 Introdução

### 1.1 O Projeto

Esta dissertação enquadra-se no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica na opção de Produção, Desenvolvimento do Produto e Engenharia Automóvel. O projeto foi submetido pelo Grupo Simoldes e consiste na introdução de novas técnicas e ferramentas para operações de montagem e afinação de componentes na indústria de moldes ou, de uma forma mais sucinta, melhoria do processo no sector das bancadas [1].

### 1.2 Apresentação do Grupo Simoldes

O grupo Simoldes teve o seu início em 1959, com a Simoldes Aços, Figura 1.

Hoje em dia, é considerado o maior produtor Europeu de moldes e um exemplo para os restantes membros desta atividade [1].



Figura 1 - *Timetable chart* [1].

Com uma política de melhoria constante, novas empresas surgiram e o grupo está atualmente dividido em dois subgrupos, Figura2: *Tool Division*, cuja principal função é a criação de moldes para a indústria de injeção de termoplásticos e o *Plastic Division*, que foca as suas forças na criação de componentes de plástico por injeção [1].



Figura 2 - Logótipo da Divisão Moldes e Divisão Plásticos [1].

O Grupo Simoldes está representado por todo o mundo em ambos os subgrupos. Dentro do subgrupo *Tool Division* temos: SA (Simoldes Aços), MDA (Moldes de Azeméis), IMA (Industria de Moldes de Azeméis), Ulmold, todas elas localizadas em Portugal e a SA Brasil (Simoldes Brasil) que está situada no Brasil. Para além destas empresas, a *Tool Division* conta também com as ACS (*Advanced Costumer Service*), localizadas nos mercados principais, que dispõem de técnicos e engenheiros capazes de dar suporte aos clientes em qualquer fase do projeto do molde. Assim sendo, temos: ACS Alemanha, ACS França, ACS Argentina, ACS Ibéria. Por outro lado temos o subgrupo *Plastic Division*, também com representação



Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes para injeção de termoplásticos.

internacional, sendo a SP (Simoldes Plásticos), Implás e Plastaze localizadas em Portugal. Internacionalmente tem-se a SP Polónia, SP França, SPB Curitiba e SPB S. Paulo [1].

Cerca de 98% da produção do grupo é para o sector automóvel, uma das mais exigentes indústrias a nível mundial, tendo como clientes reconhecidas marcas internacionais, de onde se destacam a Renault, Opel, PSA Peugeot Citroën, BMW, Volkswagen, Mercedes Benz entre outras [1].



**Figura 3 - Principais clientes do Grupo Simoldes.**

Orientado por uma linha de gestão total da qualidade, no final de 1996 iniciou um processo de implementação de um sistema de garantia de qualidade NP EN ISO 9001, obtendo a certificação em Dezembro de 1999 e, em Maio de 2001, obteve a certificação do seu sistema de Gestão Ambiental segundo a norma NP ISSO 14001, ambas pela BVQI – Bureau Veritas Quality Internacional [1].

#### **1.2.1. Moldes de Azeméis (MDA)**

A MDA (Moldes de Azeméis), Figura 4 e 5, faz parte do Grupo Simoldes e foi fundada em Janeiro de 1991 com o propósito comercial de produzir moldes metálicos para a indústria dos plásticos [1].



**Figura 4 - Vista exterior da MDA [1].**

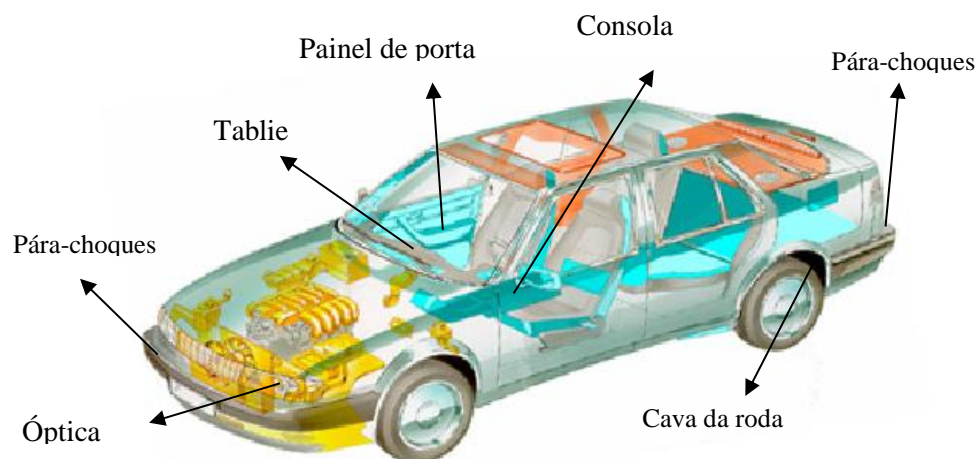
É atualmente a maior empresa do grupo em Portugal, com uma área total de 26.026 m<sup>2</sup> sendo a área coberta de 13.122 m<sup>2</sup> e a capacidade de produção superior a 100 ton [1].

O investimento na inovação e em máquinas de alta qualidade e elevada precisão foi sempre uma das principais preocupações do Grupo Simoldes para poder dar aos clientes a maior qualidade possível, fazendo com que atualmente a empresa se destaque a nível mundial na indústria de moldes de aço para injeção de termoplásticos [1].



**Figura 5 - Setor das Bancadas da MDA [Imagem do Autor].**

A MDA tem como principal cliente uma das indústrias tecnologicamente mais desenvolvidas - a automóvel - produzindo componentes tanto para o interior como para o exterior dos veículos (para-choques, tabliers, consolas, painéis de porta, cavas das rodas, ópticas,...), como se pode ver na Figura 6 [1].



**Figura 6 - Componentes em plásticos produzidos na MDA [1].**

### 1.3 Estado-da-arte da indústria dos moldes

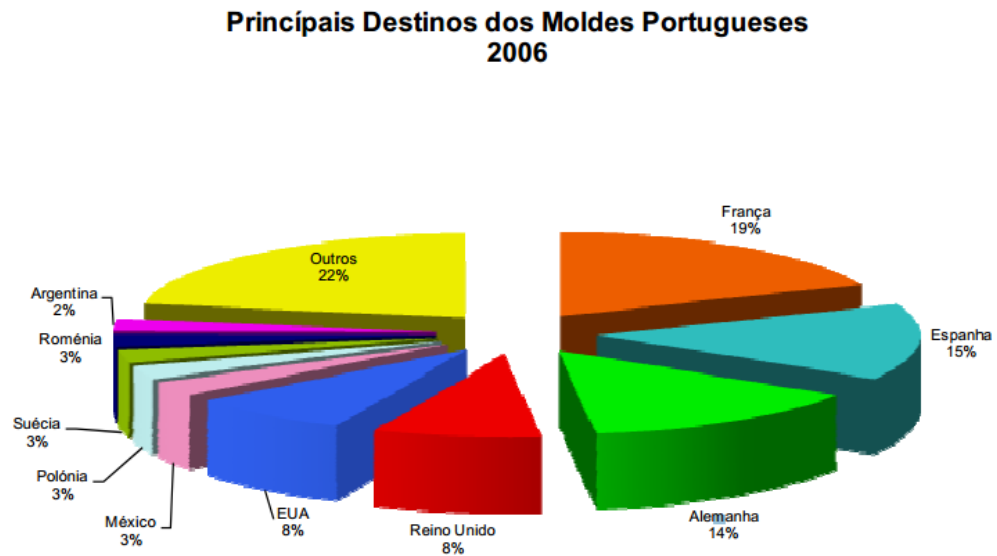
Em Portugal, a indústria de moldes para injeção de plásticos teve o seu início na Marinha Grande na década de 40 e rapidamente se expandiu para outras cidades próximas como Oliveira de Azeméis. A exportação de moldes foi desde sempre um dos pontos fortes desta indústria, exportando na década de 80 para mais de 50 países [2].

Desde cedo que estas empresas se destacaram na qualidade e precisão dos seus produtos, investindo em tecnologia de ponta e tornando-se assim um sector de vanguarda a nível mundial [2].

Atualmente, Portugal possui cerca de 532 empresas situadas maioritariamente na Marinha Grande e Oliveira de Azeméis. Emprega aproximadamente 8250 pessoas e, ocupa uma das

Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes para injeção de termoplásticos.

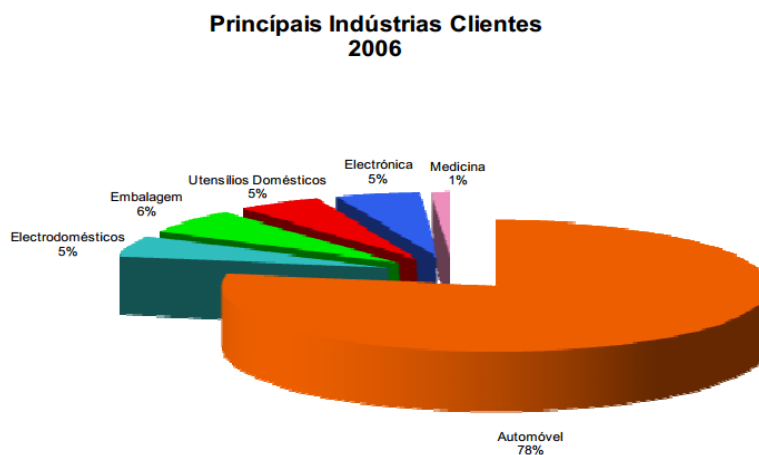
posições cimeiras a nível mundial no que diz respeito a produção de moldes, exportando moldes para todo o mundo, Figura 7 [2].



Fonte: ICEP/CEFAMOL

**Figura 7 - Principais destinos dos moldes Portugueses em 2006 [2].**

Este importante setor da economia nacional, exporta cerca de 90% da sua produção total. Em 2010 o valor das exportações atingiu os 318 milhões de euros. Segundo estatísticas da Cefamol, em 2006 aproximadamente 80% das exportações destinaram-se ao sector automóvel, Figura 8 [2].

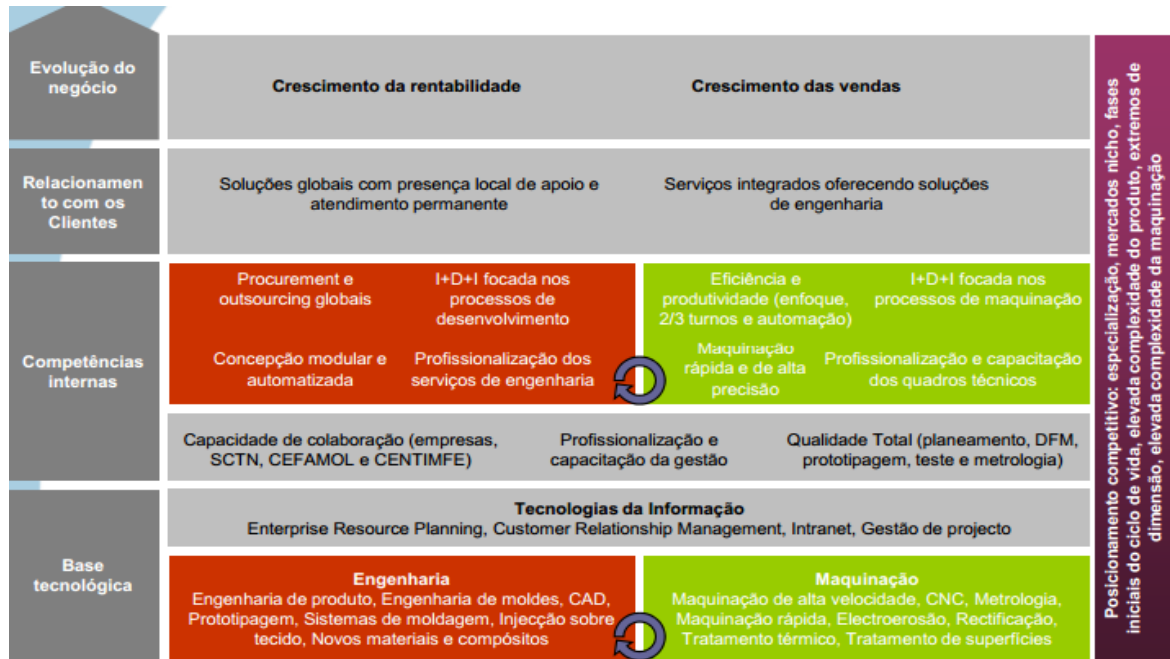


**Figura 8 - Principais indústrias clientes em 2006 [2].**

Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes para injeção de termoplásticos.

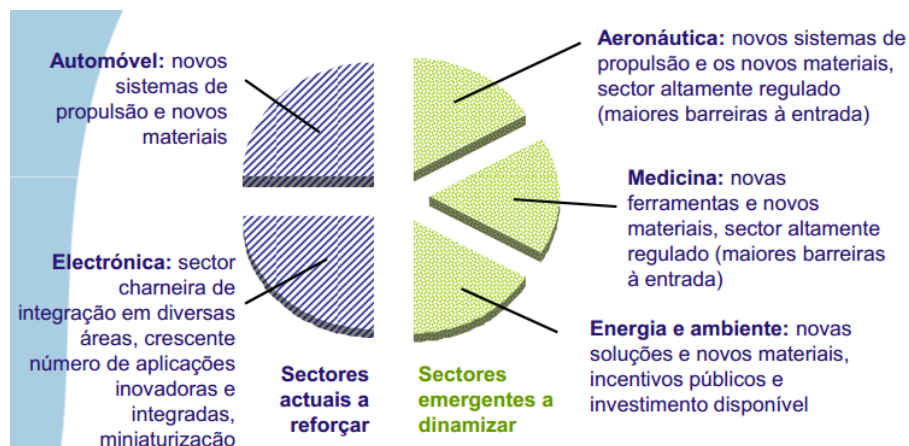
Existe uma crescente procura dos mercados exteriores pela Indústria Portuguesa de Moldes por uma relação qualidade/preço/prazos de entrega /competitividade, que servem de motivação tanto à indústria produtora como ao cliente.

Assim sendo, existe um plano estratégico genérico para o sector que se representa pela imagem seguinte, Figura 9 [3].



**Figura 9 - Posicionamento estratégico genérico das empresas do sector [3].**

Como já foi dito anteriormente, esta indústria depende maioritariamente do ramo automóvel, o que não deixa de ser uma fragilidade. Por este motivo tem-se procurado mercados noutras ramos como se pode na ver figura seguinte, Figura 10, que representa os mercados alvo de atuação, ou sectores estratégicos [3]



**Figura 10 - Mercados Alvo [3].**

## 1.4 Objetivos

O projeto, proposto pelo Grupo Simoldes e desenvolvido na MDA, teve como objetivo reduzir perdas de tempo associadas a processos realizados no sector das bancadas, através da introdução de novos métodos e tecnologias no setor. Neste sentido, deve existir uma plena integração em todo o processo produtivo do molde, para melhor entender a forma como o setor das bancadas se relaciona com os restantes e, desta forma poder avaliar os métodos e sugerir melhorias.

Assim sendo, a metodologia adotada nesta dissertação consiste em identificar e caracterizar os pontos críticos do sector das bancadas e desenvolver propostas de melhoria e soluções futuras.

## 1.5 Organização e Temas Abordados no Presente Relatório

“A arte e a ciência têm o seu ponto de encontro no método” (Robert Bulwer-Lytton) [4].

Como tal o estudo do processo das bancadas exigiu a utilização de metodologias que permitissem analisar de forma detalhada a situação atual das bancadas, tendo sido este o setor escolhido para intervenção na presente dissertação. Desta forma, para que se pudesse reunir a informação necessária para analisar este processo e criar o projeto mais adequado à empresa, seguiu-se a seguinte metodologia:

- Visitar algumas empresas do grupo para familiarização com as várias metodologias de trabalho existentes;
- Integração na empresa, passando pelos diversos setores intervenientes na produção do molde;
- Fazer uma revisão bibliográfica sobre gestão de empresas, gestão de processos e de algumas das operações mecânicas existentes na empresa;
- Enquadramento no setor das bancadas para familiarização com a realidade das operações realizadas neste setor;
- Caracterização das operações desenvolvidas nas bancadas e identificação de possíveis situações críticas (*As Is*);
- Consultar as bases de dados da empresa para fazer o levantamento de informações úteis para a análise das referidas situações;
- Recolha de dados relativos às situações descritas anteriormente;
- Identificar possibilidades de melhoria (*To Be*);
- Criar uma proposta de melhoria para o setor das bancadas

Empresas visitadas:

- SA (Simoldes Aços);
- IMA (Indústria de moldes de Azeméis);
- UIMolde;
- Plastaze;
- MDA (Moldes de Azeméis)

Formações realizadas no decorrer do estágio:

- Formação de integração na empresa;
- Formação sobre metrologia e aparelhos de medição;
- Formação de higiene e segurança no trabalho;

## **1.6 Estrutura do relatório**

No primeiro capítulo desta dissertação dá-se a conhecer o Grupo Simoldes, o seu enquadramento no mercado e, o estado da arte da indústria de moldes em Portugal.

No segundo capítulo, faz-se uma revisão bibliográfica aos temas que serviram de apoio à realização desta dissertação.

O terceiro capítulo visa dar a conhecer a estrutura da empresa onde decorreu o estágio a MDA e, ainda, integrar o leitor sobre o método global de obter um produto na MDA.

No quarto capítulo desta dissertação, caracteriza-se o estado atual das bancadas, descrevendo algumas das tarefas mais críticas.

O quinto capítulo pretende apresentar o estado futuro, propondo melhorias e apresentando soluções para os problemas encontrados.

O sexto e último capítulo destina-se às conclusões da dissertação, onde se apresentam os pontos de maior relevo.



## 2 Fundamentos Teóricos

### 2.1 O molde para injeção de plásticos

Neste capítulo pretende-se descrever, de uma forma geral, o que se entende por molde para injeção de termoplásticos, perceber quais os principais elementos construtivos de um molde, materiais utilizados, processos de fabrico e alguns elementos cruciais na vida de um molde.

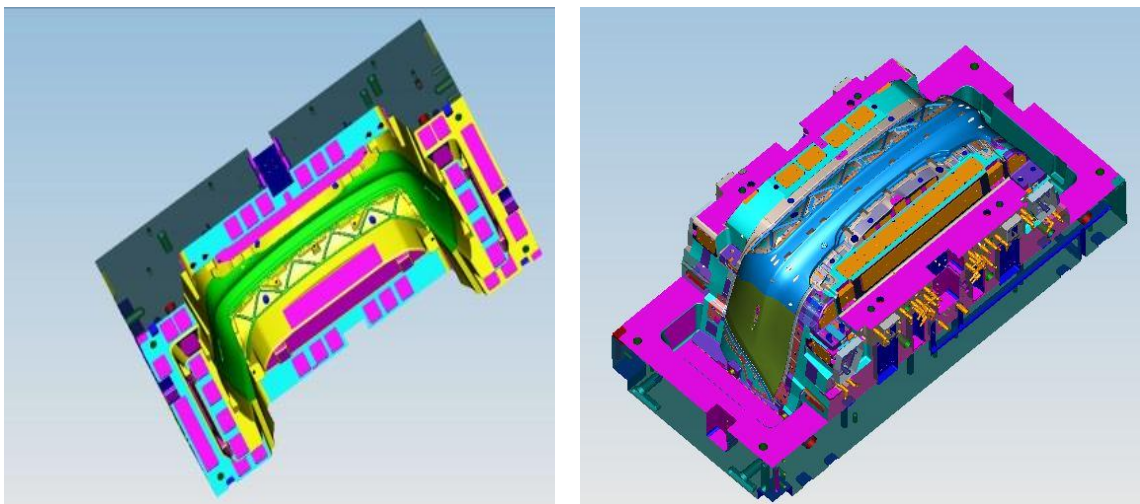
Para além disso, tenciona-se introduzir alguns conceitos importantes para o desenvolvimento desta dissertação, que servirão de guias nas tomadas de decisões e abordagem aos problemas.

#### 2.1.1 Definição de Molde

Um molde para injeção de termoplásticos é uma ferramenta que permite obter produtos (peças) de variadíssimas formas, texturas e graus de complexidade [5].

Fatores como o tempo de ciclo (o mais curto possível), a qualidade da peça, mínimo de manutenção durante o tempo de serviço, reprodutibilidade das peças durante a vida do molde, facilitar o arrefecimento do polímero e a sua extração são fatores de extrema importância na escolha dos materiais do molde e com grande peso no custo do mesmo [5].

Assim, pode dizer-se que um molde é constituído por duas partes principais, o macho e a cavidade, Figura 11. Quando juntas, formam no seu interior a geometria da peça que se pretende obter.



**Figura 11 - Macho e cavidade de um molde [Imagem do Autor].**

Pode dizer-se também que o molde é constituído por uma parte móvel (normalmente o macho), onde se instala o sistema de extração da peça e uma parte fixa (normalmente a cavidade), onde se instala o sistema de injeção [5].

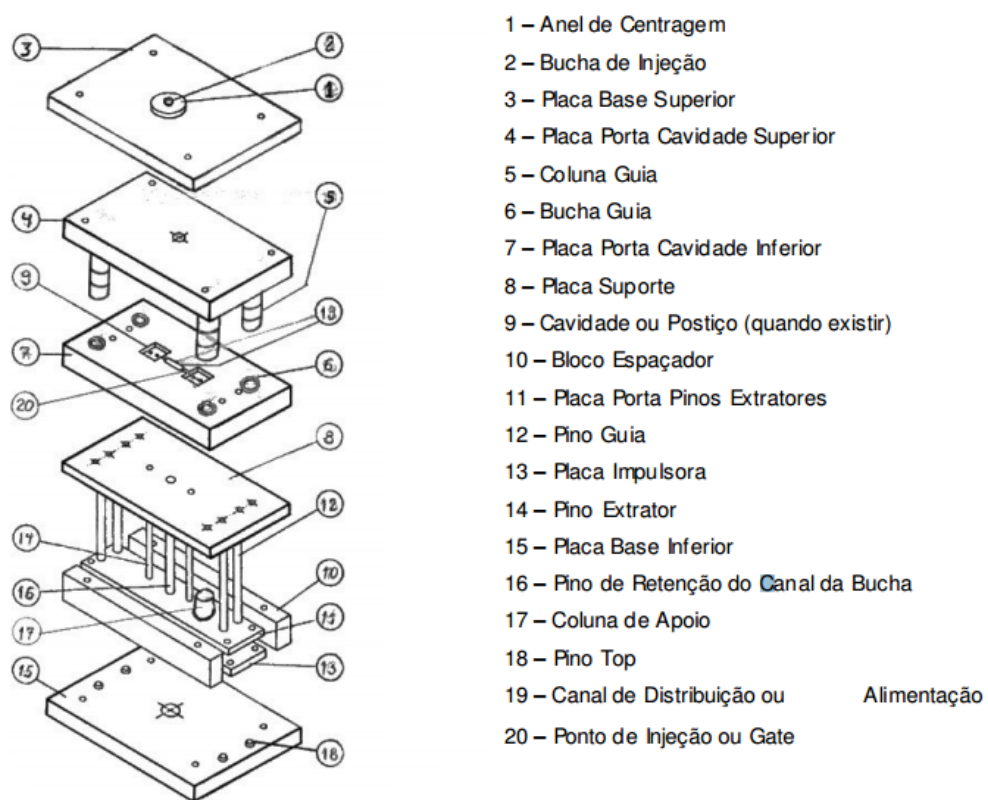
No entanto, para além do macho e da cavidade, existe uma elevada quantidade de componentes e mecanismos que permitem o funcionamento do molde tornando-os em ferramentas de grande complexidade [5].

Por norma, a parte exterior (visível) da peça é maquinada do lado da cavidade e a parte interior (a maior parte das vezes não é visível) é maquinada do lado do macho [5]

Muito mais haveria a dizer sobre moldes de injeção, no entanto, esse não é o objetivo desta dissertação pelo que se optou por apenas dar uma breve definição do molde de injeção para melhor contextualização com os problemas abordados.

### 2.1.2 Nomenclatura do molde

O molde de injeção é constituído por uma panóplia de elementos. A estes está associada uma cinemática que permite o correto funcionamento dos mesmos. Como tal, existe uma nomenclatura geral para estes elementos que constituem um molde, Figura 12.



**Figura 12 - Partes principais de um molde de 2 placas [17].**

No Grupo Simoldes, a todos os componentes do molde está, para além do nome, associado um número para que a interpretação seja mais fácil e sucinta. Na figura seguinte, Figura 13, mostram-se alguns dos números atribuídos a certos componentes. Importa referir que apenas se mostra uma pequena parte desta informação por razões de confidencialidade.



NUMERAÇÃO	DESIGNAÇÃO
200 a 220	Macho
200A, 200B, ...	Postiço do Macho
200A1, 200B1, ...	Postiço do Postiço do Macho
221 a 240	Placas Diversas do Macho
241 a 254	(livre p <sup>a</sup> futuras inicializações)
255 a 299	Outros Elementos do Macho

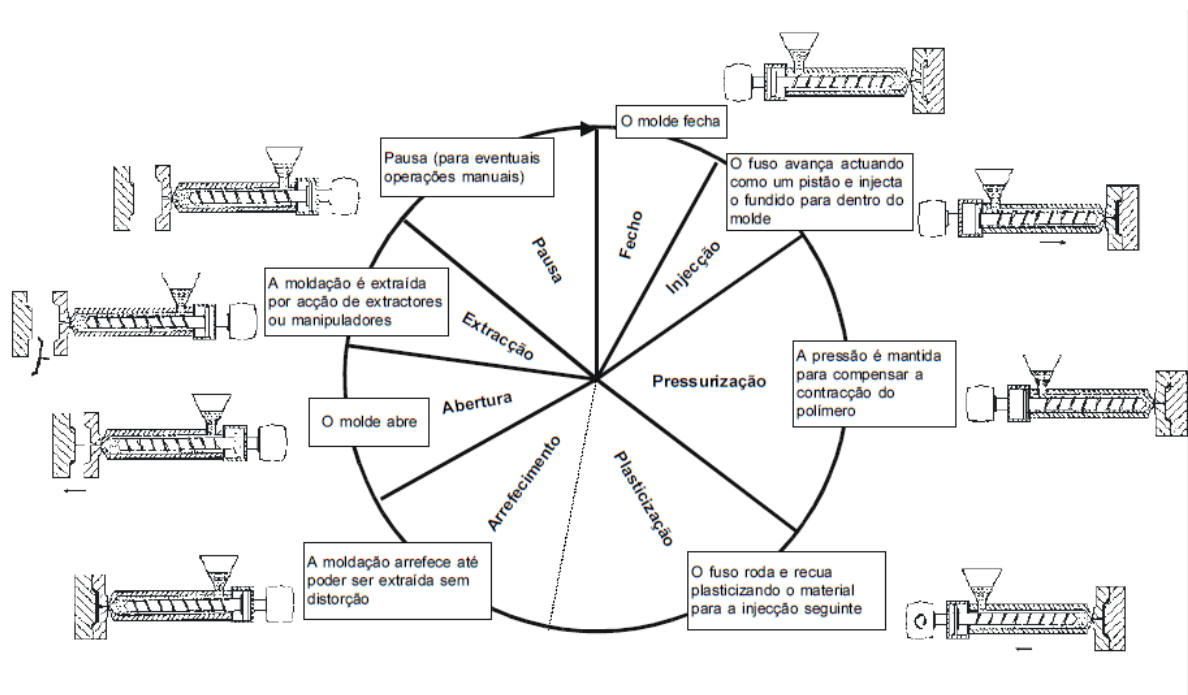
**Figura 13 - Exemplo da numeração atribuída aos componentes. [14]**

Estes números são gravados nos componentes, facilitando a sua identificação e colocação na altura da montagem.

### 2.1.3 Processo de injeção

Ao processo de moldação por injeção está associada uma grande variabilidade geométrica e dimensional, excelentes acabamentos superficiais, elevados ciclos de produção e tolerâncias dimensionais elevadas. Assim, para o sucesso deste processo é preponderante a fiabilidade e a repetibilidade do mesmo.

O processo de injeção é desenvolvido de acordo com uma sequência cíclica como a que se apresenta na figura seguinte, Figura 14 [6] .



**Figura 14 - Ciclo de um processo de injeção [6]**

O tempo desta sequência e de cada estágio é definido de acordo com as especificações da peça a produzir, para que se obtenha a melhor qualidade possível.

Como as temperaturas do material injetado (na grande maioria dos casos polipropileno PP) rondam os 250°C, o controlo da temperatura do molde torna-se numa variável de extrema importância para o tempo de ciclo e a qualidade da peça. Assim, deve garantir-se que a refrigeração do molde seja feita de forma adequada [7].

## 2.2 Fabrico do molde

No fabrico de um molde estão associadas diversas operações, máquinas, processos de fabrico, materiais, tecnologias, técnicas, pessoas, entre outros.

Como um produto complexo enquanto produto final, um molde não é menos complexo enquanto é fabricado, pelo que um perfeito domínio de tudo o que envolve o fabrico do molde é um ponto de fundamental importância.

No âmbito desta dissertação dar-se-á uma ideia geral de alguns dos pontos que contribuem de forma ativa para o fabrico de um molde.

### 2.2.1 Materiais utilizados

A indústria de moldes produz peças de extrema precisão e elevado grau de fiabilidade, pelo que a correta escolha dos materiais constitui um ponto fulcral.

Por vezes, os componentes produzidos nesta indústria envolvem grandes volumes de material, e como tal elevados custos. Mais uma vez, a escolha correta do material pode contribuir ativamente para os ganhos das indústrias, sempre sem colocar em causa a fiabilidade e precisão dos equipamentos.

Em seguida, apresenta-se os principais materiais utilizados nesta indústria, bem como as suas características técnicas e principais utilizações, Figura 15

Material Ref. interna	Características técnicas	Aplicações	Observações
1730	Recozido 180 – 230 HB	Aço de construção ao carbono para chapas e estruturas de moldes para plástico e de fundição injectada.  Placas de suporte.  Acessórios em geral <u>não sujeitos a desgaste, choque</u> ou contacto com o material plástico.  Porta – machos	Aço com dureza inferior, maior facilidade de maquinação e furação
	Pré – Tratado 275 – 325 HB  Nitruração 700 – 850 Hv	Aço para gravação com necessidade de texturização química ou bom polimento.  Placas com espessura inferior a 400mm.	Aço com dureza superior.  Maior resistência à maquinação e furação.
2738	Pré – Tratado 275 – 325 HB  Nitruração 700 – 850 Hv	<u>Aço para gravação</u> com necessidade de texturização química ou bom polimento. Aço utilizado para placas com espessura superior a 400mm  <u>Machos e cavidades</u>	Aço com dureza superior.  Maior resistência à maquinação e furação.

2738HH	Pré – Tratado	<u>Aço para gravação</u> com necessidade de texturização química ou bom polimento.	Aço com elevada dureza
	290 – 355HB		
	Nitruração	<u>Machos e cavidades</u>	Elevada resistência à maquinação e furação.
	700 – 850 Hv		
LC18	Liga cobre – berílio	Para aplicações mecânicas sujeitas a <u>cargas elevadas</u> . Boas características de <u>deslize</u> e boa resistência ao desgaste e à corrosão. Casquilhos, engrenagens, corrediças, barras de deslize.	Liga de extrema dureza e resistência mecânica.  Resistência à maquinação e furação.  Custo elevado do material.
LC83	Liga cobre – berílio	Tem uma boa condutibilidade térmica combinada com <u>extrema dureza e resistência mecânica</u> . Especialmente para resolver <u>problemas térmicos e mecânicos</u> devido à sua extrema dureza suportando facilmente cargas elevadas.	Liga de extrema dureza e resistência mecânica.  Resistência à maquinação e furação.  Custo elevado do material.
		<u>Postiços de gravação, pernos, machos, cavidades.</u>	

**Figura 15 - Materiais utilizados na construção de moldes [10].**

## 2.2.2 Processos de fabrico

Os processos de fabrico, no contexto da indústria de moldes, são aqueles que através de uma ferramenta de corte trabalham os materiais dando forma aos diversos componentes de um molde [7].

### 2.2.2.1 Fresagem

Na operação de fresagem, a ferramenta de corte (fresa) gira em torno de um determinado eixo, promovendo, desta forma, a maquinação do material. Este movimento de rotação pode ainda estar associado a movimentos lineares segundo os eixos ortogonais, tanto da peça como da ferramenta. [7].

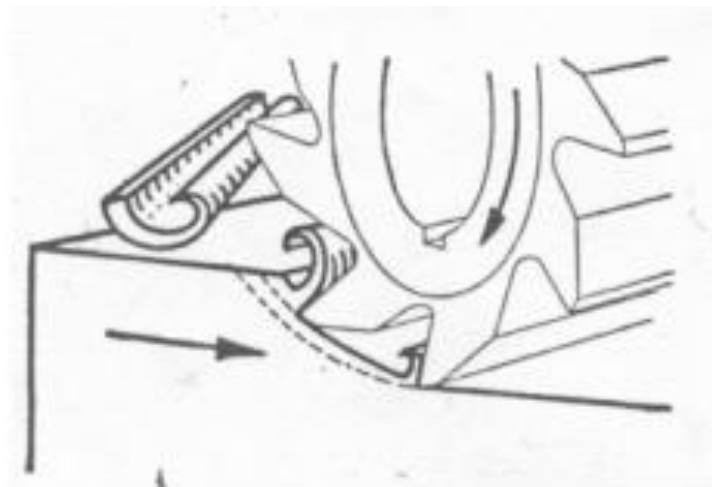
Com o decorrer dos anos tem-se verificado uma grande evolução deste processo. Esta evolução tem-se sentido tanto ao nível dos comandos CNC (*Computer Numeric Control*), dos sistemas de CAM (*Computer-Aided Manufacturing*), das ferramentas de corte, das fresadoras e centros de maquinação. Toda esta evolução permite que a execução das diversas operações seja feita com maior qualidade, maior rapidez e, maquinar formas que antigamente seriam impossíveis [7]



**Figura 16 - Exemplo de uma fresadora.**

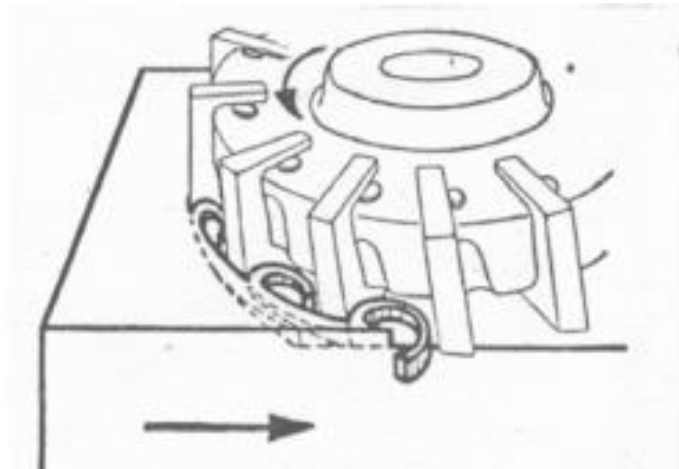
Assim, podemos classificar a fresagem segundo a disposição das suas arestas vivas como sendo [8]:

- Fresagem tangencial, Figura 17, neste caso as arestas cortantes ativas estão na superfície cilíndrica da fresa, sendo o eixo desta paralelo a superfície gerada.



**Figura 17 - Fresagem tangencial [8].**

- Fresagem frontal, Figura 18, quando as arestas ativas estão na superfície frontal da fresa, sendo o eixo da ferramenta perpendicular à superfície gerada. [8]



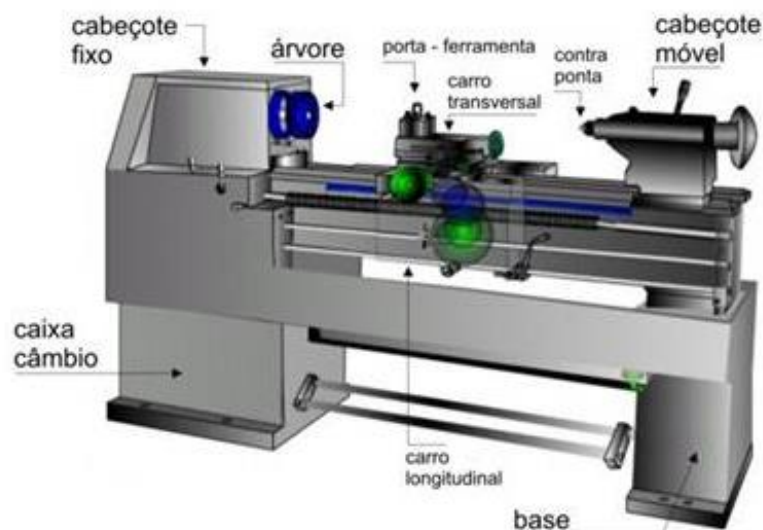
**Figura 18 - Fresagem frontal [8].**

Desta forma, pode ter-se uma ideia geral do processo de fresagem. Porém, muitos outros fatores são importantes neste processo, como por exemplo, os parâmetros de corte da ferramenta, escolha das ferramentas, escolha das máquinas corretas para cada operação, entre outros.

Importa ainda referir que este é um dos processos de maior importância para a produção dos moldes. Como tal, o seu desenvolvimento é constante tornando-se crucial a atualização dos equipamentos como das pessoas.

#### **2.2.2.2 Torneamento**

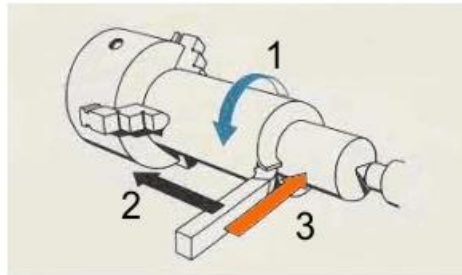
Neste processo de fabrico, a peça a gerar acompanha o movimento de rotação da árvore da máquina, obtendo-se assim peças de revolução utilizando ferramentas com apenas uma aresta de corte [9].



**Figura 19 - Exemplo de um torno [9].**

Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes para injeção de termoplásticos.

As peças torneadas resultam da combinação do movimento de rotação da peça acompanhado do movimento de avanço da ferramenta, normalmente linear, segundo dois eixos linearmente independentes, como se pode ver na figura seguinte [9].



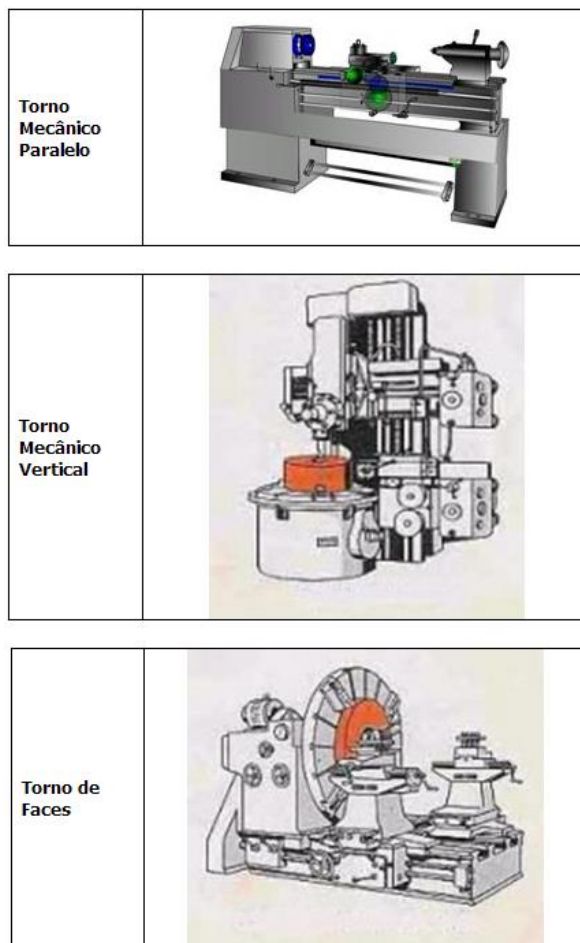
1 – Rotação da **peça** – **CORTE**

2 – Translação da **ferramenta** – **AVANÇO**

3 – Transversal da **ferramenta** – **PROFUNDIDADE**

**Figura 20 - Esquema da operação de torneamento [9].**

Os tornos podem ser classificados de acordo com a orientação do seu eixo de rotação ou algumas características construtivas, Figura 21 [9].

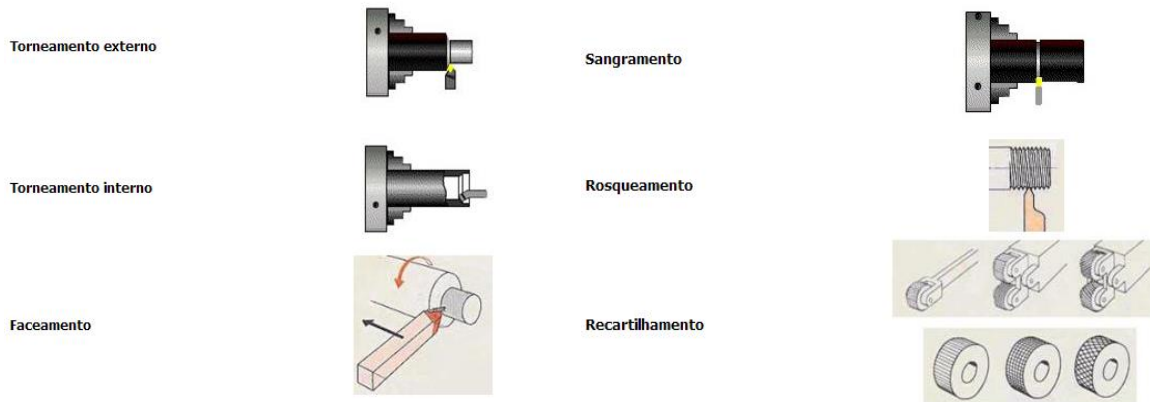


**Figura 21 - Tipos de tornos [9].**



Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes para injeção de termoplásticos.

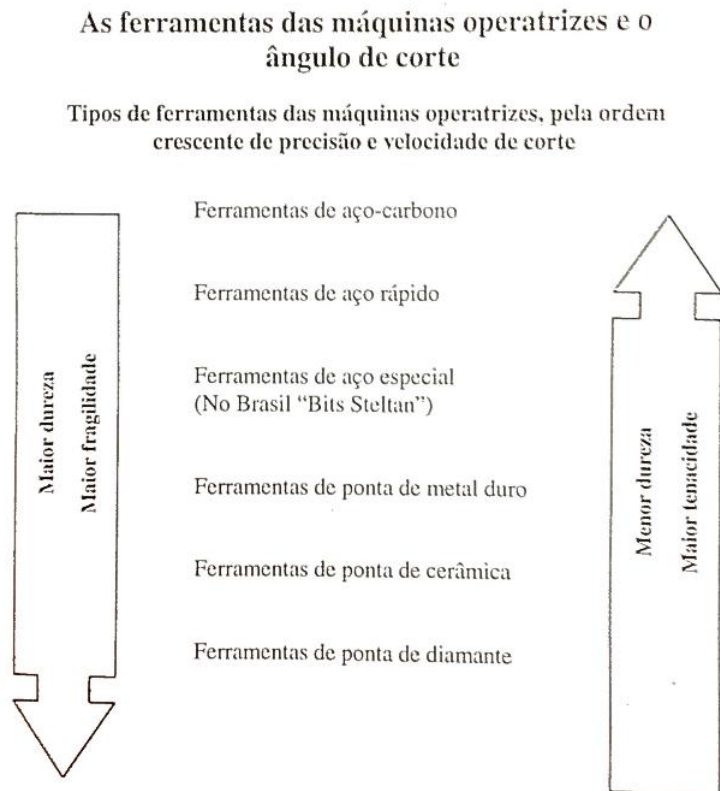
Podemos também classificar as principais operações de torneamento de acordo com a posição da aresta de corte relativamente à peça a maquinar, como se pode ver na figura seguinte [9].



**Figura 22 - Operações de torneamento [9].**

Tanto as ferramentas como os parâmetros de corte são fatores preponderantes na qualidade da peça final, pelo que devem ser corretamente escolhidos para se poder obter uma maior precisão e maiores velocidades de corte.

A figura seguinte, Figura 23, representa de uma forma genérica os tipos de ferramentas e a sua aplicação tendo em conta estes objetivos.



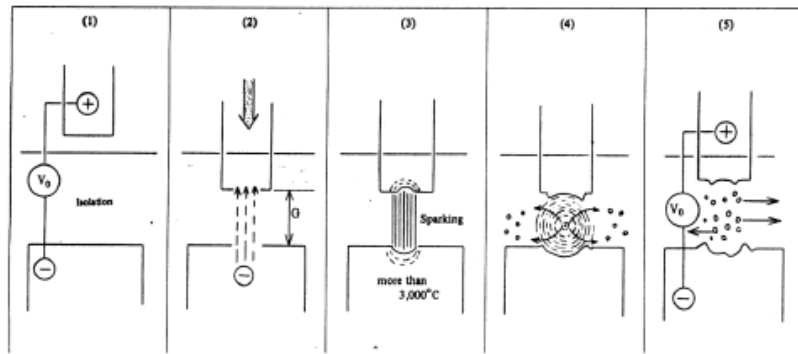
**Figura 23 - Critérios gerais para a escolha das ferramentas [23].**

No entanto, a escolha das ferramentas deve ser feita estabelecendo um compromisso entre a qualidade da ferramenta, o resultado final esperado e o custo das mesmas.

### 2.2.2.3 Eletroerosão

A eletroerosão tem um papel de bastante relevância na produção de peças para a indústria dos moldes. Isto porque, permite remover material em zonas onde uma fresadora não consegue remover, permitindo obter peças com maior complexidade.

Este processo de maquinação utiliza a energia elétrica para remover o material da peça. Desta forma, para remover o material é feita uma descarga elétrica que produz energia térmica que por sua vez provoca a fusão e consequente ebulição dos materiais [7].



**Figura 24 - Esquema do processo de eletroerosão [25].**

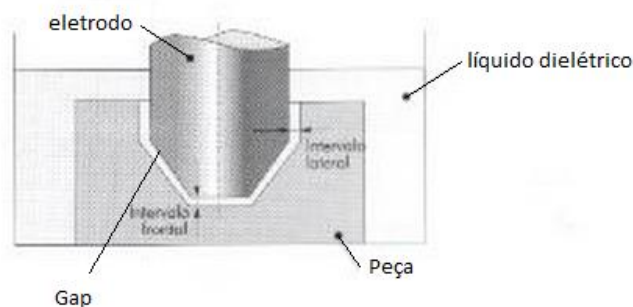
Este processo possui duas variantes, a erosão por penetração e a erosão por fio. No primeiro caso tem-se um eletrodo que vai penetrando na peça, dando origem à remoção do material. No segundo o eletrodo tem a forma de um fio. Neste último caso, o eletrodo não tem a forma que se pretende imprimir na peça, sendo, por isso, uma técnica complementar do processo de erosão utilizada para cortar as peças [7].

#### Eletroerosão por Penetração

Os componentes principais do processo de erosão são [7]:

- O eletrodo, geralmente de cobre ou grafite, que possui a forma do material que se pretende remover da peça;
- O dielétrico, que é o líquido condutor que envolve o eletrodo e a peça a maquinar sendo o responsável pela condução da energia.

Neste processo, o material é removido da peça sem que haja contacto entre o eletrodo e a peça, existindo assim uma distância designada por “Gap” (largura da abertura).



**Figura 25 – Representação do Gap [7].**



### Eletroerosão por fio

Este Processo apenas difere do anterior no eletrodo que, neste caso é um fio com movimento de translação vertical, que vai cortando a peça quando esta se move relativamente ao fio.

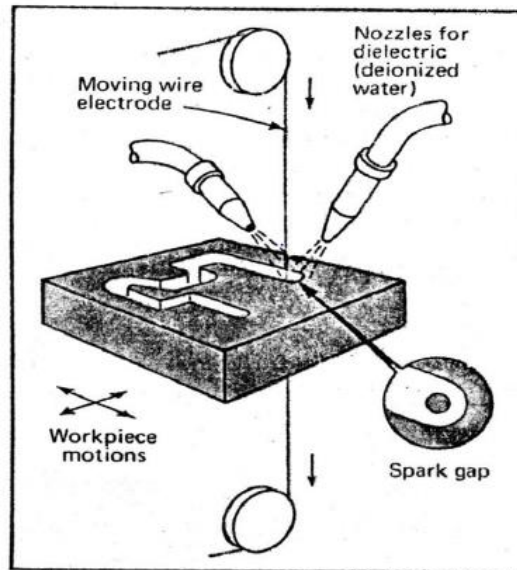


Figura 26 - Eletroerosão por fio [25]

#### 2.2.2.4 Furação

A furação é por definição um processo que implica arranque da apara e aplica-se normalmente na execução de orifícios cilíndricos (furos), em matérias metálicos ou não metálicos. No entanto, nem sempre é necessário haver arranque da apara, isto porque existem processos capazes de furar que não envolvem arranque da apara, como se pode ver na figura seguinte, Figura 27 [10].

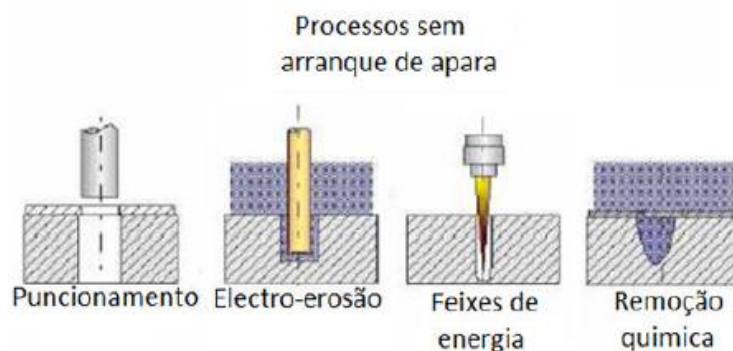
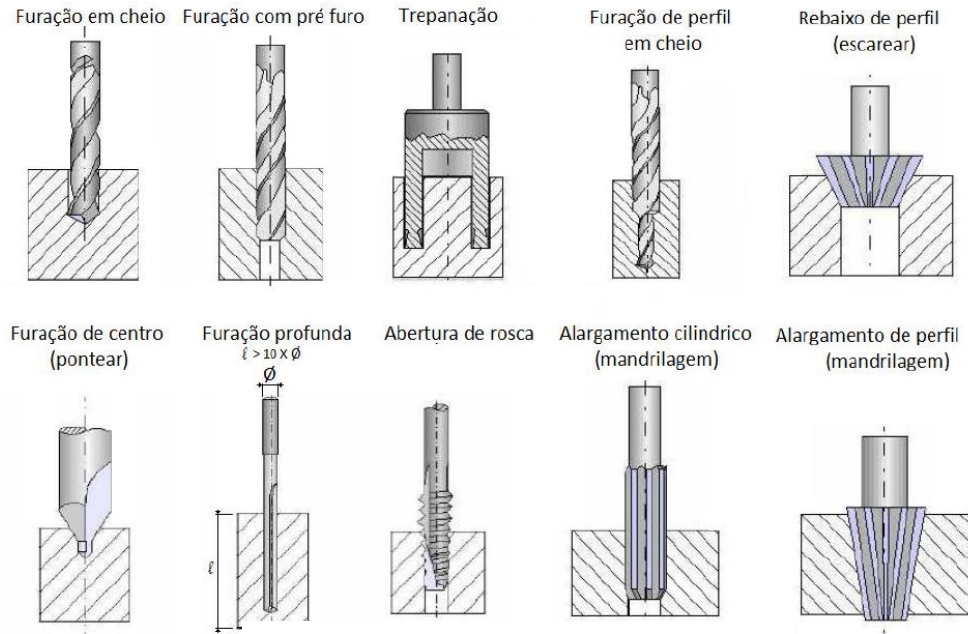


Figura 27 – Processos de furação [10]

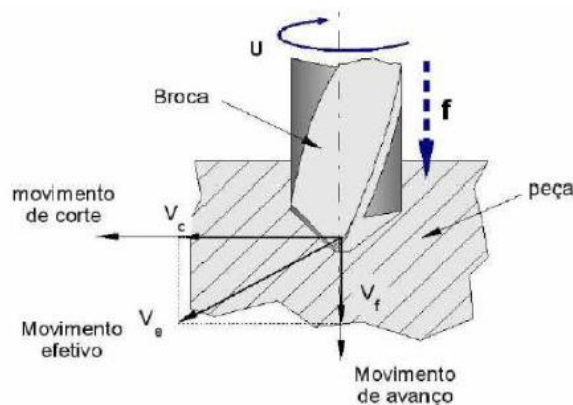
Embora se entenda como furação a criação de orifícios, deve distinguir-se as diferentes operações, sendo estas apresentadas na figura a baixo, Figura 28.



**Figura 28 – Tipos de furação [10]**

Na realização de uma operação de furação é necessário determinar os principais parâmetros do processo. Esta determinação pode ser feita de forma empírica, através de cálculos, ou consultada nos catálogos das ferramentas (sempre que a informação esteja disponível). Assim, apresentam-se alguns dos principais parâmetros do processo [10]:

- Velocidade de corte ( $V_c$ );
- Avanço ( $V_f$ );
- Rotação ( $u$ );
- Profundidade de corte.



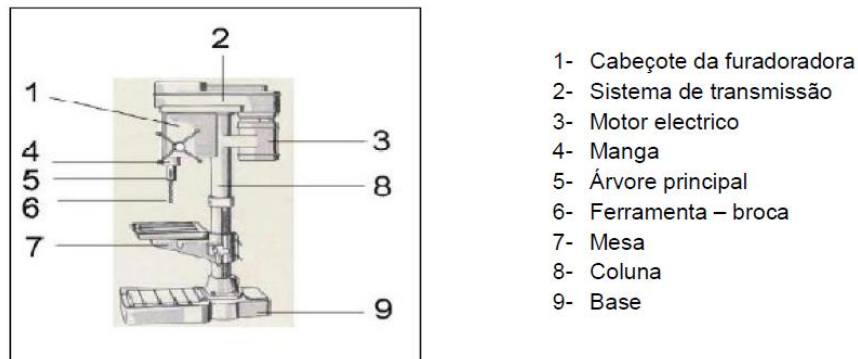
**Figura 29 - Esquema dos parâmetros de corte na furação [10].**

A operação de furação pode dividir-se em duas suboperações:

- Furação convencional
- Furação em profundidade

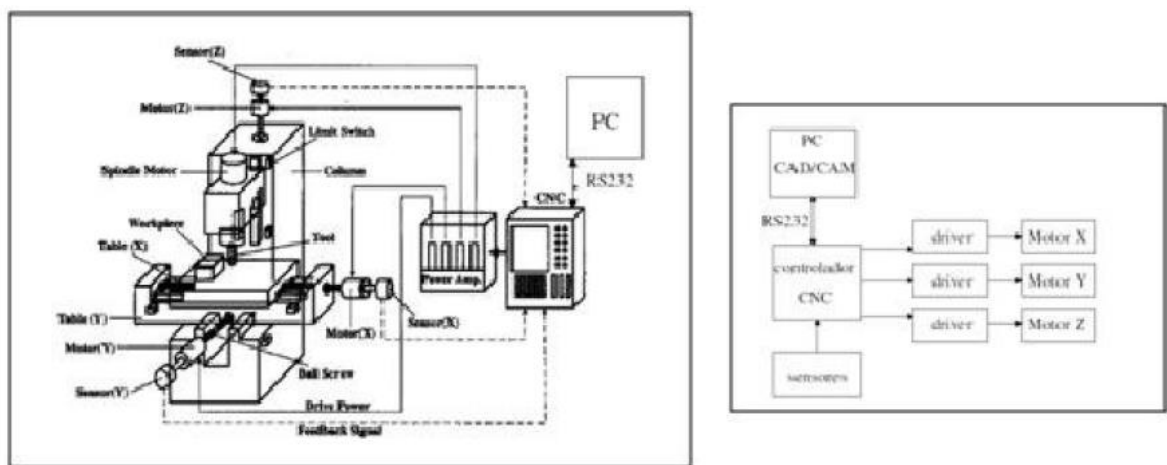
### Furação convencional

Esta operação pode ser feita tanto em máquinas manuais como em máquinas automatizadas (CNC), as quais se apresentam em seguida, de uma forma esquemática, Figura 30 e Figura 31, respetivamente. Importa referir que ambos os métodos implicam o arranque da apara dado que no contexto desta dissertação são os que mais se enquadram [10].



**Figura 30 - Esquema de uma furadora manual [10].**

No caso das máquinas CNC, o investimento no equipamento é muito maior e implica a formação contínua dos operadores. No entanto, consegue-se uma produtividade muito maior quando comparado com o processo manual [10].



**Figura 31 - Esquema de uma furadora CNC [10].**

### Ferramentas

Existem alguns requisitos que as ferramentas utilizadas neste processo devem cumprir, são estes [10]:

- Resistência à compressão;
- Resistência à flexão;
- Resistência a quente;
- Resistência na ligação;
- Resistência à abrasão;
- Resistência de gume
- Outros.

O que confere as características às ferramentas é o material de que são compostas. Contudo, como é natural, nem todas as ferramentas cumprem todos os requisitos, pelo que o objetivo deve ser tentar assegurar o maior número destes requisitos na sua construção [10].

### **Furação em profundidade**

Chama-se furação em profundidade quando a razão entre o comprimento do furo e o diâmetro da ferramenta de corte é pelo menos de 10:1. Este fator torna o processo de furação muito mais complexo que as furações convencionais de reduzida profundidade, isto porque, com o aumento do comprimento da ferramenta mais difícil se torna garantir a trajetória da mesma. Desta forma, neste processo exige-se que as ferramentas/máquinas de diferentes características possam assegurar a trajetória dos furos.

No contexto da indústria de moldes, serve para furar os circuitos do sistema de refrigeração e ainda os circuitos do óleo, pelo que se torna numa operação de extrema importância [10].

### **2.2.3 Operações Complementares**

Existem várias operações complementares dos processos que se referiram anteriormente, contribuindo todas para o sucesso desta indústria. No entanto, no seguimento desta dissertação destacaram-se as operações de mandrilado e de roscar furos, pelo que se definiram com maior detalhe neste ponto.

#### **2.2.3.1 Mandrilar**

Mandrilar é uma operação complementar da furação, cujos objetivos são desbastar ou conferir acabamento aos furos cilíndricos ou cónicos.

As ferramentas utilizadas nas operações de mandrilar designam-se por mandris. Estes conferem ao furo a tolerância dimensional e o acabamento superficial desejado, sendo por isso uma enorme mais-valia para a qualidade do acabamento e para as precisões dimensionais que são necessárias.

Os mandris podem ser compostos por aço ou carbono, aço rápido ou carboneto.

Na construção da ferramenta existem fatores de extrema importância, que se enunciam de seguida:

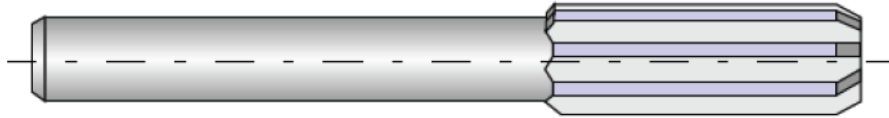
- Aplicação manual ou mecânica;
- Tipo de mandril;
- Profundidade do furo;
- Qualidade de acabamento superficial;
- Tolerância dimensional pretendida;
- Resistência;
- Maquinabilidade do material.

Normalmente, a vida útil dos mandris é determinada pelo aumento da rugosidade acima do limite pretendido, ou por já não se encontrar em condições de conferir ao furo a tolerância dimensional pretendida.

Os mandris podem ser multicortantes ou monocortantes, consoante o número de lâminas cortantes que dispõem [10].

### Mandris Multicortantes

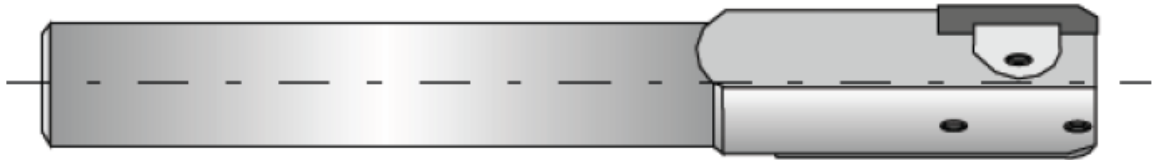
Nos mandris multicortantes, todas as lâminas estão em contacto com a peça em simultâneo estando dispostas num único conjunto. A figura seguinte, Figura 32, representa um mandril multicortantes [10].



**Figura 32 – Exemplo de mandril multicortante [10].**

### Mandris de gume único

Neste caso, os mandris apenas possuem um único gume cortante, que pode ser substituído.



**Figura 33 – Exemplo de mandril monocortante [10].**

#### 2.2.3.2 Ligações Roscadas

As ligações roscadas têm muita importância nos mais diversos tipos de construção, mas destacam-se ainda mais na realização de ligações desmontáveis [11].

Assim, pode-se classificar as roscas quanto a sua aplicação, onde se consideram três tipos [11]:

- Rosca de fixação, onde o único objetivo é efetuar a ligação entre duas peças distintas;
- Rosca de fixação e vedação, onde para além da fixação também tem que garantir a estanquicidade entre as partes a ligar;
- Rosca de transmissão, que é, por exemplo, um parafuso sem-fim.

Existem ainda três tipos de rosca<sup>1</sup> predominantes na indústria [11]:

- Rosca métrica;
- Rosca Whitworth ou inglesa;
- Rosca americana.

Desta forma, consegue-se ter um vasto leque de soluções capazes de satisfazer a várias solicitações e exigências do mercado, tornando este processo numa mais-valia para qualquer indústria [11].

---

<sup>1</sup> Todos os tipos de rosca podem ser passo fino ou normal.

Desta forma, pode concluir-se que existem também dois processos fundamentais para a abertura de roscas, que são eles [11]:

- Roscagem Manual (interior ou exterior);
- Roscagem de Máquina (interior ou exterior).

### Roscagem Interior

#### Manual

No caso da roscagem manual interior, utilizam-se machos manuais e um desandador (Figura 34) para abrir os fios de rosca [11].

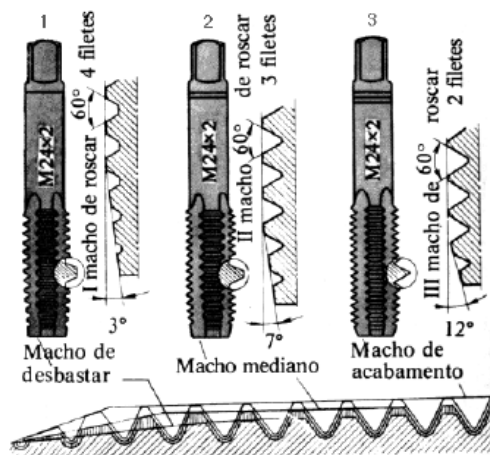


**Figura 34 - Exemplo de um desandador [Imagem do Autor].**

Os jogos de machos manuais são normalmente constituídos por três machos escalonados, estando atribuído a cada um deles uma tarefa [11]:

- 1º macho – desbaste;
- 2º macho – pré-acabamento;
- 3º macho – acabamento.

Estes diferem entre si no ângulo de inclinação do macho e no número de filetes contantes, isto para que, o guiamento do macho no furo seja o mais adequado possível. Estas diferenças podem ser vistas na Figura 35 [11].



**Figura 35 - Machos manuais [11].**

### **Automática (máquina)**

Neste caso a rosca pode ser obtida através de várias máquinas, como o torno, a fresadora ou até máquinas de furar utilizando-se os machos de máquina para rasgar os filetes da rosca, Figura 36 [11].



**Figura 36 - Machos de máquina [Imagem do Autor].**

Este tem sido um processo que, ao longo dos anos, tem vindo a ser adotado pelas indústrias pela sua economia no tempo de execução, pois um único macho faz a abertura da rosca de uma só vez.

Para o sucesso deste processo, as cabeças de roscar (Figura 37) têm tido uma grande influência, pois visam compensar e regular o binário da força de rotação exercido pela máquina, evitando desta forma que os machos se partam ou danifiquem [11].



**Figura 37 - Cabeça de roscar para CNC [11].**

### **Roscagem Exterior**

Usualmente, a roscagem exterior é feita no torno, utilizando um buril apropriado, no entanto, por vezes, há a necessidade de rasgar os filetes de rosca manualmente. Para tal utilizam-se ferramentas um pouco diferentes do processo anteriormente descrito. Neste caso utilizam-se [11]:

- Caçonete (Figura 38);
- Grande porta machos (Figura 39)



**Figura 38 - Exemplo de uma caçonete [Imagem do Autor].**





**Figura 39 - Porta machos para caçonetes [Imagem do Autor].**

A lubrificação e a limpeza do material, são dois fatores preponderantes tanto para obter maiores taxas de produtividade, como também para obter uma maior durabilidade das ferramentas [11].

## **2.3 Conceitos de Gestão**

No presente ponto, apresentam-se alguns dos conceitos que permitiram compreender o funcionamento da empresa, a sua postura face ao desenvolvimento, bem como alguns dos conceitos que se revelaram importantes na análise dos processos e tomadas de decisão.

### **2.3.1 Melhoria Contínua**

“Melhoria contínua: todos os dias, pouco a pouco, haveremos de lá chegar. Esta é a forma correta de estar perante a vida, é aceitar a mudança como algo permanente e fazer da insatisfação o motor dessa mudança.” (Pinto, 4ªE, 35) [12]

#### **2.3.1.1 O que é?**

Oriundo do termo japonês *kaizen*, que significa “boa melhoria”, o conceito de melhoria visa implementar nas instituições uma cultura de permanente melhoria, tendo como base a constante insatisfação e uma busca incessante de melhores resultados [12].

Neste conceito de melhoria, melhorar é caminhar no sentido da perfeição, é reduzir custos e aumentar a qualidade dos produtos ou serviços, dando origem a uma maior satisfação dos *stakeholders* (parceiros comerciais) [12].

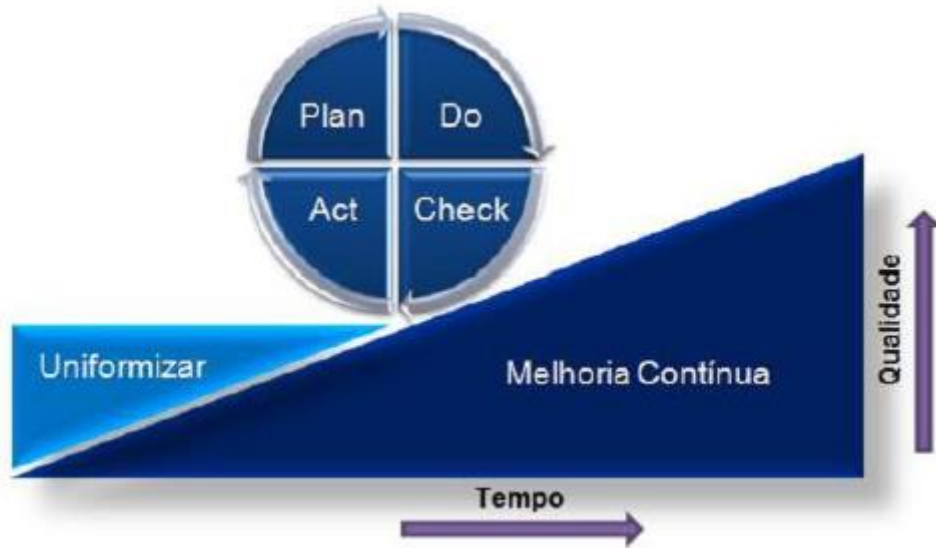
Esta atitude deve ser adotada de forma espontânea para que surta os devidos efeitos, como tal, cada pessoa da organização deve, em primeiro lugar, ter conhecimento sobre os fundamentos deste conceito e quais as vantagens que pode obter com ele [4].

Desta forma, pode dizer-se que este conceito assenta em três componentes essenciais [4]:

- Deve encorajar-se ativamente as pessoas a errar. Numa primeira análise este ponto parece contra produtivo, mas, numa empresa em que se punem as pessoas pelos erros, o medo de falhar acaba por se instalar, impedindo as pessoas de tentar melhorar. Em boa verdade, deve antes ajudar-se a perceber por que motivo o erro ocorreu, evitando que este se repita no futuro.
- Deve incentivar-se as pessoas a identificar os problemas e a solucioná-los. Isto porque como se sabe, “quem faz o trabalho é quem melhor o conhece”, como tal, será mais fácil à pessoa que concretizou uma tarefa identificar os pontos onde falhou ou que ficaram mal feitos.
- Deve incutir-se nas pessoas o espírito da insatisfação, para que estas procurem e identifiquem constantemente novas formas de realizar as tarefas, fazendo com que estas se superem constantemente.



Como a maior parte dos conceitos de gestão, também deste não se devem esperar resultados rápidos. Este é um conceito que assenta numa evolução gradual, levando a que as melhorias surjam gradualmente como se pode ver pela figura seguinte, Figura 40, que representa um ciclo de melhoria contínua PDCA [12].



**Figura 40 - Ciclo de melhoria contínua PDCA [20].**

O ciclo PDCA pode ser descrito da seguinte forma [12]:

- Plan – definir objetivos a serem atingidos;
- Do – executar as tarefas tal e qual como foram previstas na etapa anterior;
- Check – Verificar os resultados e medir desvios;
- Act – Análise e redução dos desvios.

Em suma, este é um conceito de planeamento e controlo contínuo, visando um aperfeiçoamento dos objetivos inicialmente estabelecidos, caminhando no sentido da perfeição.

### **2.3.2 Análise de Processos**

*“O início do conhecimento é a descoberta de algo que não entendemos” (Frank Herbert) [4].*

#### **2.3.2.1 O que é um processo?**

*“A process is any part of an organization that takes inputs and transforms them into outputs that, it’s hoped, are of grater value to the organization than the original inputs” (Jacobs, 13ªE, 144) [13].*

Isto é, um processo é algo que converte as entradas de uma organização em saídas, dando a estas um maior valor que o inicial. Esta conversão traduz-se num acréscimo de valor para o produto ou bem que a organização produz e, consequentemente, um acréscimo de valor para a empresa.

Por isso, ter os processos bem desenvolvidos e otimizados constitui um ponto de fulcral interesse para qualquer organização.

### 2.3.2.2 O que é a análise de processos?

A análise de processos é a descoberta de como a organização e os seus processos funcionam num dado momento, isto é, fazer uma análise *As Is* (estado atual) [4].

Uma análise de processos deve ser imparcial e levantar o máximo de informação necessária para bem retratar os processos. Só com o pleno conhecimento dos processos, é que se pode pensar em melhorias, dado que só se podem propor mudanças em algo que conhecemos [4].

Em suma, uma análise de processos deve retratar os processos como eles são e não como se gostaria que fossem [4].

### 2.3.2.3 Como se faz?

A análise de processos pode definir-se com três atividades essenciais [4]:

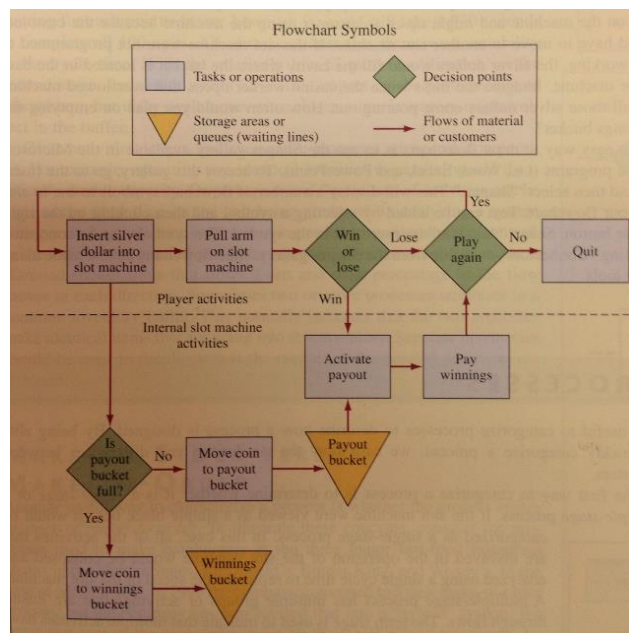
1. Levantamento de informações;
2. Modelagem de processos;
3. Aprovação de modelos.

## 1 – Levantamento de Informações

Este é um ponto crucial na interpretação de um processo, pois consiste no levantamento das informações sobre o mesmo.

Importa referir que neste ponto, quando se parte para a análise de processos e este não possui um diagrama que o represente, o analista deve iniciar o trabalho levantando as informações e os seus recursos [4].

Um exemplo destes diagramas é o que se apresenta na Figura 41 [13].



**Figura 41 - Fluxogramas de informação [13].**

É importante também que a quantidade de pessoas envolvidas na análise de um processo seja a adequada, isto é, não esteja nem em défice nem em excesso. Pessoas em excesso podem conduzir a uma má interpretação das informações e vice-versa [4].

## 2 – Modelagem de Processos

Quando se moldam processos devem retratar-se dois cenários, sendo imperativo que estes sejam retratados em separado. Os dois cenários são [4]:

- Processo atual (*As Is*), este ponto pretende retratar o processo tal e qual ele se executa no momento da análise.
- Processo futuro (*To Be*), neste ponto pretende retratar-se o processo como será, ou seja, deve apresentar-se a proposta de melhoria.<sup>2</sup>

Assim sendo, podemos proceder ao levantamento das informações de duas formas [4]:

- **Top-Down** (de cima para baixo) – nesta abordagem, o levantamento dos processos faz-se a partir da sua visão mais genérica e com a evolução da análise aprofunda-se cada vez mais para se obter um maior detalhe. Esta abordagem é adotada quando o trabalho se inicia com entrevistas às camadas hierarquicamente superiores.
- **Bottom-up** (de baixo para cima) - neste caso, recolhem-se as informações diretamente das pessoas que estão ligadas às atividades de forma mais direta.

## 3 – Aprovação dos modelos

Na aprovação dos modelos devem incluir-se os donos do processo e só depois desta aprovação se deve prosseguir com qualquer atividade anterior.

No fundo, a aprovação do processo consiste no entendimento final de toda a informação levantada e analisada anteriormente [4].

### 2.3.3 Cenários estratégicos

Quando se estuda um processo é importante analisar e entender os cenários estratégicos onde estão inseridos. Existem várias ferramentas para o fazer, sendo a análise SOWT uma ferramenta bastante comum nesta área.

A sigla SOWT resulta das primeiras letras das palavras inglesas que definem esta análise, Forças (*Strengths*), Fraquezas (*Weaknesses*), Oportunidades (*Opportunities*) e Ameaças (*Threats*) [4].

Esta análise avalia os cenários de negócio sob uma perspetiva interna (Forças e Fraquezas) e uma perspetiva externa (Oportunidades e Ameaças). [4]

#### Perspetiva Interna [4]

- Pontos Fortes (*Strengths*), pretende evidenciar as valências das organizações em relação aos concorrentes, como por exemplo, produtos inovadores e exclusivos, disponibilidade de recursos financeiros, uso de tecnologias de vanguarda.
- Pontos Fracos (*Weaknesses*), pretende evidenciar o que está mal e pode ser melhorado, como por exemplo, tecnologias obsoletas, falta de recursos, equipas pouco especializadas.

---

<sup>2</sup> Deve ter-se em atenção para não se representar o processo como deveria ser, esta caracterização não é um *should be*, mas sim um *To Be*, como tal, é imperativo que este seja apresentado dessa forma.

### Perspetiva Externa [4]

- Oportunidades (*Opportunities*), pretende considerar novas tendências de mercado, busca de novos parceiros e perspectivas económicas, ou seja, pretendem retratar pontos de potencial crescimento.
- Ameaças (*Threats*), pretende identificar pontos exteriores à organização que possam trazer perdas, como por exemplo, empresas concorrentes com produtos a preços inferiores, mudanças políticas, entre outras.

Com esta análise, uma organização consegue ter as orientações necessárias para estabelecer estratégias e definir o rumo a seguir [4].

Uma forma de apresentar os resultados desta análise é em tabela, como se pode ver na figura seguinte, Figura 42.



**Figura 42 – Representação da análise SOWT [21].**

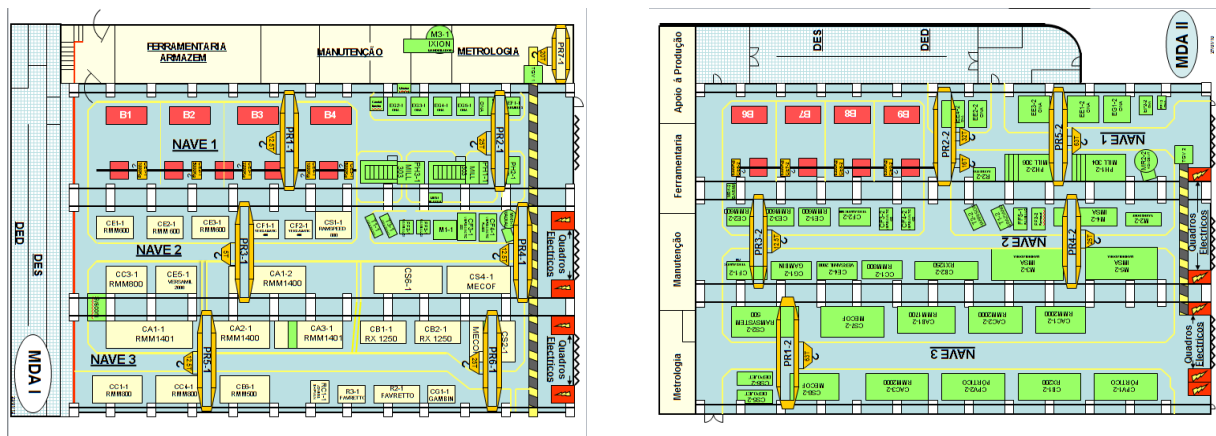
### 3 Estado atual da MDA

Neste capítulo pretende dar-se a conhecer o cenário atual da MDA, relativamente à produção de um molde e a sua organização. Apresentar-se-á a realidade dos vários setores e atividades envolvidas na produção de um molde.

### 3.1 Organização da Empresa

A MDA é composta por duas unidades industriais de dimensão diferente, cuja separação é meramente física. Tanto os seus *layout's* como os métodos de trabalho são em tudo semelhantes, apenas diferindo a capacidade de produção entre uma e outra. É por isto, adequado falar da MDA como um todo e não como empresas distintas.

Assim sendo, o *layout* da MDA, Figura 43, possui 3 naves, onde se localiza a produção da empresa e onde é trabalhado o aço até que o molde esteja pronto para o embarque. Na periferia das naves encontram-se o departamento de metrologia, onde se faz o controle dimensional dos moldes e dos seus componentes, bem como, a calibração dos componentes de medição da empresa; departamento de manutenção, responsável pela manutenção de máquinas e equipamentos da MDA; departamento de gestão da produção, onde se planeia e prepara toda a produção do molde e componentes; departamento de preparação do trabalho, onde se preparam todos os programas de maquinação a 2D e 3D; o departamento de gestão do processo, responsável por melhorar o processo produtivo da empresa; departamento DES/DED, responsável por projetar o molde na sua totalidade; departamento de gestão de projeto, onde se faz a interface entre a MDA e o cliente e o departamento administrativo, que gere e administra todos estes órgãos da empresa.



**Figura 43 - *Layout* das fábricas da MDA.**

Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes para injeção de termoplásticos.

O processo produtivo da empresa é classificado como *job shop*. Esta terminologia é utilizada para designar um processo onde são produzidos elevados números de artigos diferentes, por norma, em pequenas quantidades e geralmente de acordo com determinadas especificações do cliente.

### 3.2 Análise SWOT

A análise que se segue tem como objetivo efetuar uma síntese das análises internas e externas, ou seja, fazer um diagnóstico do estado da empresa, que permitirá o enquadramento com a situação atual e a preparação de opções estratégicas na elaboração de propostas ou projetos.

Internas	<p>Notoriedade da marca SIMOLDES no mercado nacional e internacional.</p> <p>Disponibilidade de tecnologia capaz de garantir a qualidade do produto.</p> <p>Colaboradores com experiência e elevado grau de conhecimento da técnica.</p> <p>Inovação e otimização dos processos</p> <p>Consciência e preocupação ambiental da empresa.</p> <p>Empresa certificada ISO 9001 e ISO 14001.</p> <p>Controlo metrológico.</p> <p>Empreendedorismo da gestão de topo.</p>	<p>Elevada resistência à mudança e à transferência de conhecimentos.</p> <p>Fluxo de informação com falhas.</p> <p><i>Time to market</i> elevado.</p> <p>Inexistência de Sistema de Informação.</p> <p>Ambiente fabril desordenado e de difícil limpeza.</p> <p>Planeamento ineficiente: incumprimento de prazos &gt; custos</p> <p>Indefinição das funções dos intervenientes no processo.</p>
	<p>Ser uma marca europeia que continua a produzir na Europa.</p> <p>Excelente relação com as principais marcas de automóveis.</p> <p>Poder de compra dos países emergentes</p> <p>Encerramento e dificuldades de empresas no contexto Europeu.</p> <p>Aposta em serviços especializados.</p>	<p>Escalada dos preços da matéria-prima.</p> <p>Crise económica global.</p> <p>Redução dos prazos de entrega.</p> <p>Aumento da competitividade de outras empresas.</p> <p>Concorrência asiática.</p>
Externas	Positivo	Negativo

### 3.3 O Produto

O produto (Molde), exige a cooperação dinâmica de todos os sectores da empresa, para fazer cumprir todos os prazos impostos pelo cliente sem colocar em causa a qualidade e fiabilidade do produto.

Atualmente, em média, a MDA produz cerca de 63 moldes por ano e atendendo ao facto de que a empresa possui 8 bancadas, implica que em média cada bancada consiga fazer 8 moldes por ano.

Do fluxograma seguinte, Figura 44, pode ver-se a ligação dos vários setores da empresa na produção de um molde e a forma como estes se relacionam entre si.

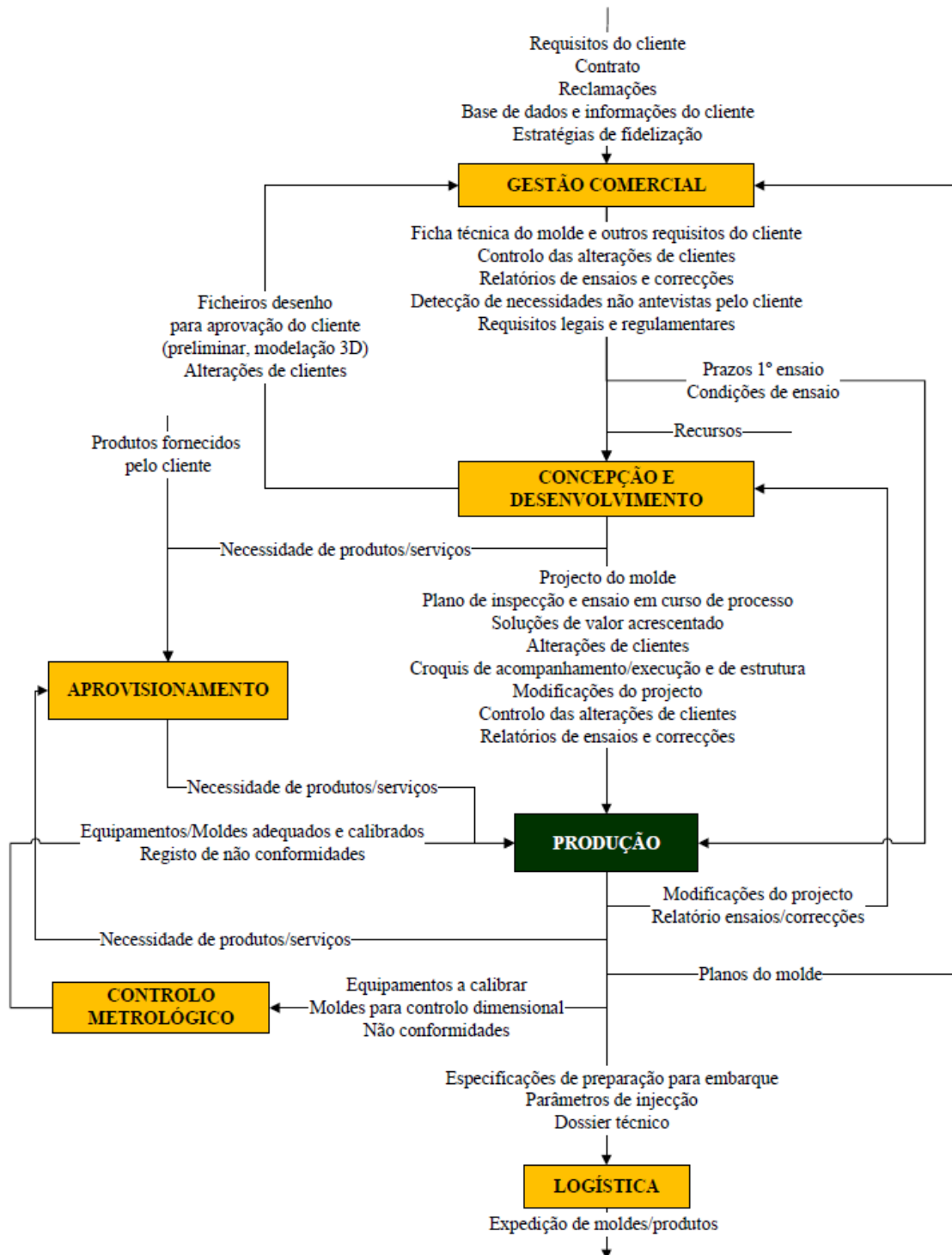
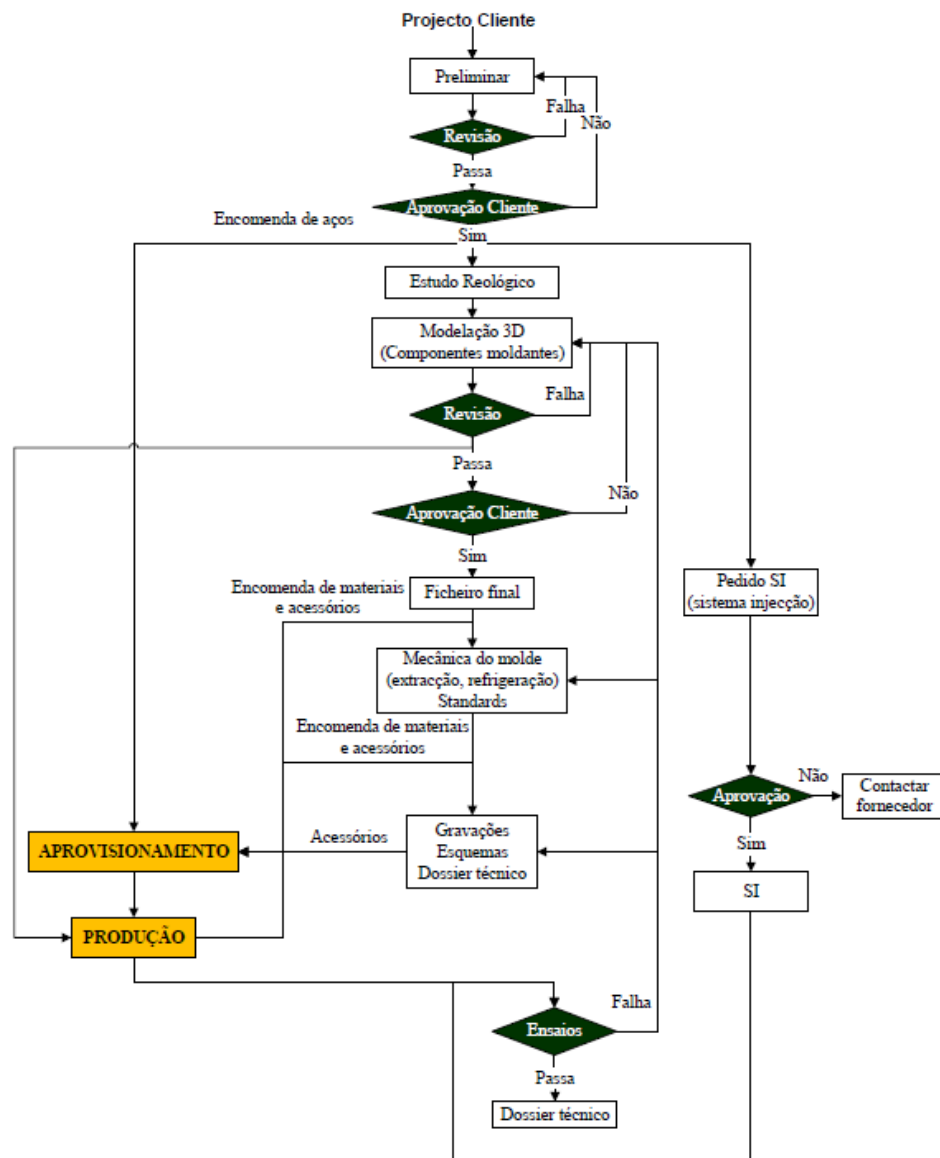


Figura 44 - Fluxograma de informação da MDA [22].

Todos eles trabalham para que todos os prazos sejam cumpridos, todas as especificações sejam verificadas e para que no final o produto resultante desta cooperação satisfaça o cliente e as suas necessidades.

### 3.3.1 Conceção e desenvolvimento do produto

O processo de produção de um molde inicia-se no departamento comercial, onde se estabelece a interface entre a organização e o cliente.



**Figura 45 - Fluxograma das atividades do Departamento de Conceção e desenvolvimento [22].**

Numa primeira fase são recebidos os pedidos de orçamento. São enviados para a empresa os desenhos (ficheiros tridimensionais ou banda) e especificações do projeto para que a empresa possa avaliar o mesmo. Desta avaliação, onde são debatidos os requisitos do projeto, resulta um “Registo Preliminar de Molde”, que será também enviado ao responsável do Grupo pela orçamentação, juntamente com os elementos complementares que definem a peça molde. Com estas informações, consegue-se estimar o preço do molde, bem como o seu tempo de



execução. Após a avaliação do processo, com estes dados em mão, é enviado ao cliente o orçamento estabelecendo os requisitos contratuais para a execução do projeto: preço, prazo, requisitos técnicos ou referência a documentos técnicos que os referem. Será emitido um novo “Registo Preliminar do Molde”, se o cliente solicitar alguma alteração ao projeto.

Após a adjudicação do projeto, é emitida uma encomenda para o departamento comercial, é atribuído um número de molde e criada a “Ficha Técnica do Molde”, contendo toda a informação necessária para o projeto arrancar. Esta “Ficha Técnica do Molde” e todos os outros elementos técnicos adicionais enviados pelo cliente são enviados para o departamento de conceção e desenvolvimento do produto onde é utilizado o vasto “*Know How*” da empresa, apresentando propostas de melhoria da peça para que a sua factibilidade seja assegurada, evitando surpresas a nível produtivo numa fase mais avançada do projeto.

O departamento de desenvolvimento e conceção do produto é auxiliado pelo Gestor de Projeto, que faz o acompanhamento do projeto desde a sua adjudicação até ao fim da vida útil do molde. Este faz a interface entre o cliente e o departamento, podendo, assim, esclarecer as dúvidas na execução do projeto.

Durante todo o projeto podem ser solicitadas, pelo cliente, alterações ao projeto. Para tal, será criado um “Orçamento de Alteração”, onde é avaliada mais uma vez a factibilidade da alteração em causa, bem como os custos a que esta estará sujeita.

### 3.3.2 Planeamento da Produção

Quando os componentes do molde atingem o seu estado de modelação 3D final, são encomendados os materiais e planeada a sua execução. Estes pontos ficam a cargo do departamento de compras e do departamento de gestão da produção.

Todo o planeamento da produção é feito pelo gestor de produção, recorrendo à sua experiência profissional para prever o tempo de execução das várias tarefas bem como o local onde serão feitas. Esta informação é depois calendarizada no *software Microsoft Project*, onde as operações são sequenciadas por precedências com o objetivo de minimizar o caminho crítico, Figura 46.

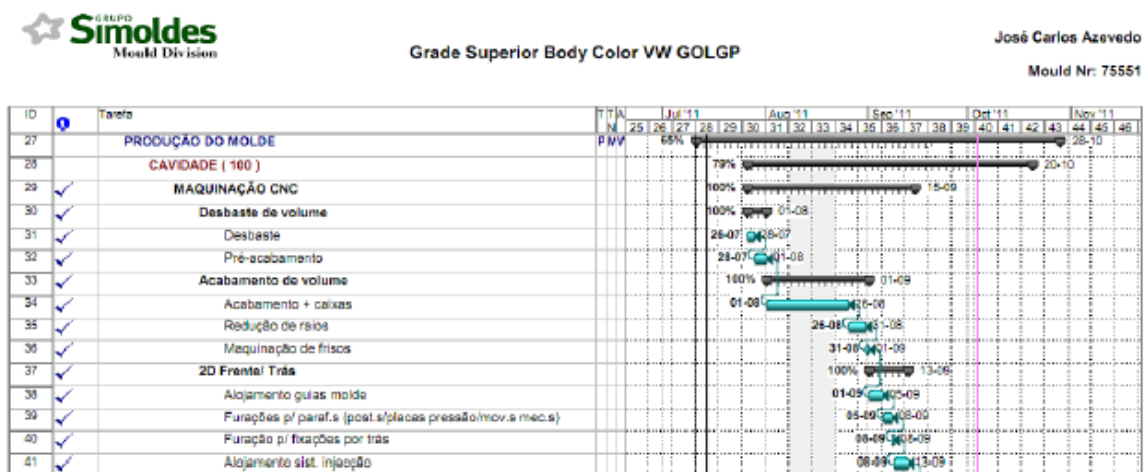


Figura 46 - Exemplo de um plano de produção de um molde do Grupo.

### 3.3.3 Produção

#### 3.3.3.1 Preparação do trabalho, Maquinação, Erosão

Por sua vez, o departamento de preparação do trabalho fornece toda a programação para as peças em 3D utilizando o *software Power Mill* ou ficheiros 2D para componentes mais simples. Ambos são necessários para a maquinação dos blocos de aço e também os programas usados para a furação de águas, neste caso utilizando o *software RTM*.

- Maquinação 3D – operação de maquinação em volumes e formas
- Maquinação 2D – abertura de alojamentos para guias prismáticas, guias inclinadas, fixação de corredeiras, placas de pressão...

Este processo é composto por diversas operações, entre as quais: o desbaste, re-desbaste, pré-acabamento, acabamento, furação de águas, marcação de componentes... Todas estas operações têm como objetivo produzir todos os componentes do molde, desde o maior ao mais pequeno, todos com tolerâncias dimensionais extremamente apertadas, para que, finalmente, o molde comece então a ganhar a sua forma final, Tabela 1.

**Tabela 1 – Sobre espessuras de Maquinagem.**

Desbaste	Re-Desbaste	Pré-acabamento	Acabamento
+ 1 mm	+ 0,35 mm	+ 0,15 mm	Cota

Estes setores voltam a intervir no mesmo componente caso este seja alvo de alterações, danos ou eventuais erros que possam ter ocorrido durante a fase de maquinação.

Todas as máquinas têm características construtivas que lhes conferem maior aptidão para certas operações. Algumas dessas características são:

- Binário;
- Velocidade de rotação;
- Número de eixos;
- Referência da ferramenta;
- Dimensões úteis da máquina;
- Carrossel e número de posições das ferramentas;
- Carga máxima;
- Tipo de comando (FIDIA, HEIDENHAN, SELCA);
- Precisão.

Tendo em conta estas características e as ferramentas a utilizar é de extrema importância utilizar os parâmetros adequados para o conjunto máquina ferramenta em questão. Primeiro para garantir a qualidade do trabalho e em segundo para assegurar que a vida útil da ferramenta se aproxima da teórica. Estes parâmetros são fornecidos pelo fabricante das ferramentas ou calculados.

Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes para injeção de termoplásticos.

O setor da Erosão é um sector crucial dado que realiza operações como abertura/acabamento de frisos, grelhas, etc em zonas que a CNC não tem acesso.

Na erosão volumétrica a ferramenta utilizada é o eléctrodo, obtido por maquinação em CNC, pode ser em grafite ou cobre, e possui a forma da zona a erodir. A maquinação dos eléctrodos é feita através do *software Work-NC*.

É também necessário controlar alguns parâmetros para que o resultado final seja o pretendido:

- GAP – distância necessária entre a parede da peça para existir um arco eléctrico.
- VDI – Controla a rugosidade da superfície



**Figura 47 - Exemplo de erosão [Imagem do Autor].**

### **3.3.3.2 Ajustamento, montagem e afinação**

Quando os componentes principais do molde estão prontos, seguem para as bancadas. Estas são o setor responsável pelo ajustamento e afinação de todos os componentes do molde que lá chegam de forma isolada, mas que, após estas operações se “transformam” numa única peça, extremamente complexa e dinâmica.



**Figura 48 - Setor das bancadas da MDA [Imagem do Autor].**

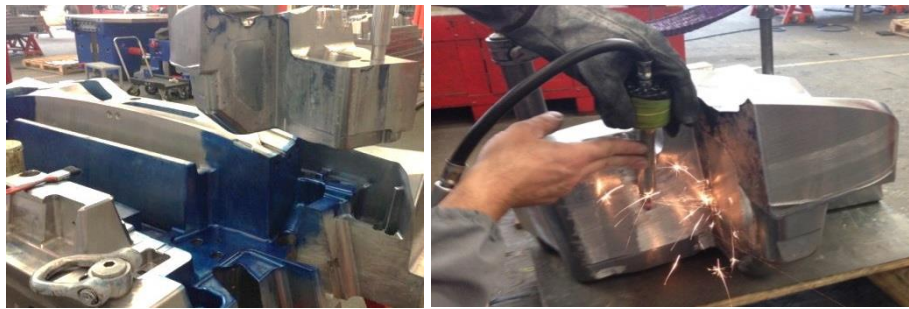
De uma forma muito resumida, pode-se dividir as tarefas desempenhadas nas bancadas em 2 grandes grupos:

- a) Ajustamento de componentes – neste ponto engloba-se o ajustamento de todos os componentes do molde (veios, movimentos, componentes...);
- b) Ajustamento do molde – aqui faz-se a vedação da linha de junta do molde, feita nas prensas;

#### **a) Ajustamento de componentes**

A operação de ajustamento consiste em ajustar o componente ao alojamento a que está destinado. O ajustamento serve para eliminar as cristas deixadas pela maquinação das CNC, que, por vezes, impossibilitam o perfeito ajustamento do componente.

Para ajustar o componente à caixa usa-se tinta de zarcão, para marcar o componente ou a caixa e, um material abrasivo (retificador pneumático, lima ou pedra) para retirar o material em excesso. A tinta de zarcão indica ao operador as zonas onde tem que retirar o material. Quando se insere o componente não pintado no local pintado este vai ficar em contacto (pintar) nas zonas onde existir material em excesso, como se pode ver na Figura 49.



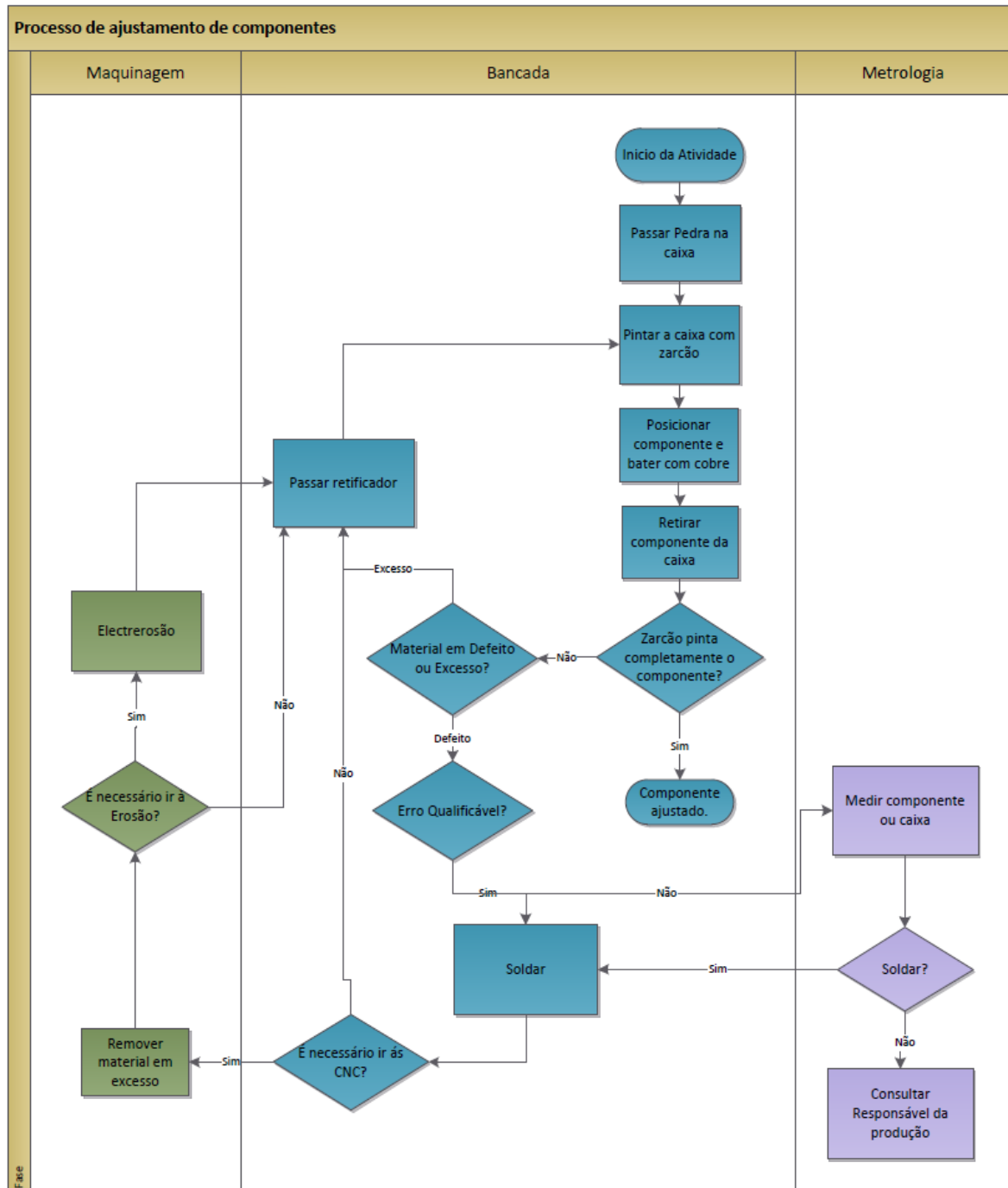
**Figura 49 - Exemplo de ajustamento de componentes [Imagem do Autor].**

Quando já não existir material em excesso, todas as faces do componente estarão em contacto com a caixa, como tal, todas as faces estarão pintadas e dá-se por concluída a operação. Na figura seguinte, Figura 50, pode ver-se um exemplo de um componente acabado de ajustar, que tem as superfícies pintadas com a tinta de zarcão.



**Figura 50 - Componente acabado de ajustar [Imagem do Autor].**

O fluxograma seguinte, Figura 51, representa o método utilizado atualmente para ajustar componentes.

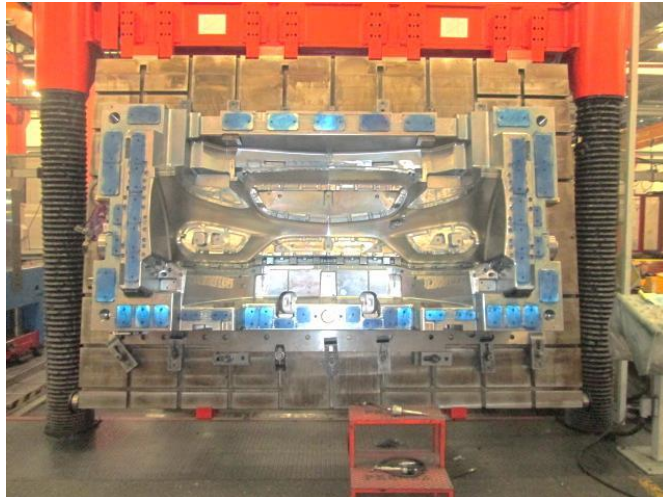


**Figura 51 - Fluxograma a operação de ajustamento de componentes [Imagem do Autor]**



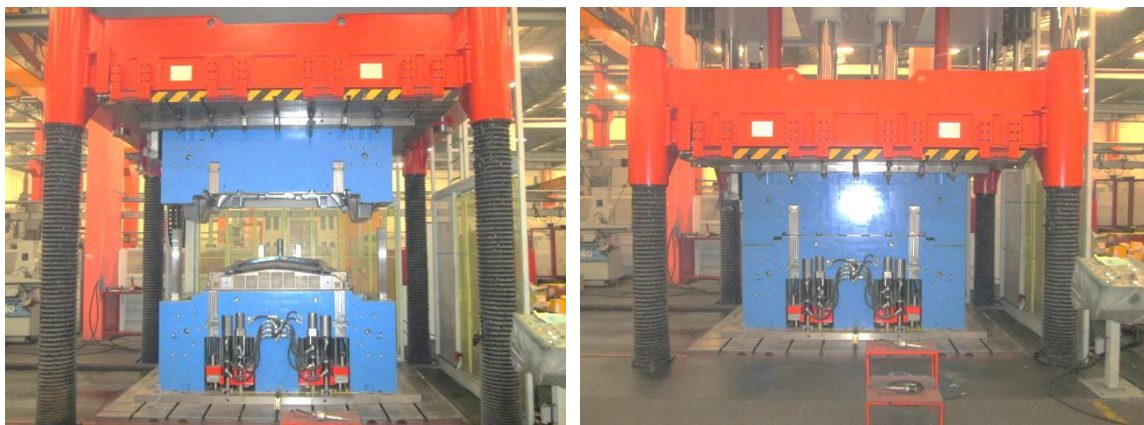
### **b) Ajustamento do molde**

O ajustamento do molde é feito na prensa utilizando técnicas e ferramentas semelhantes às do ajustamento de componentes mas, neste caso, o ajustamento é do molde e da zona de vedação do molde. Esta operação tem como objetivo que ambas as superfícies de vedação (do macho e da cavidade) fiquem em contacto para evitar rebarbas na peça. Na Figura 52, podemos ver um macho pintado com a tinta de zarcão antes de ser fechado na prensa.



**Figura 52 - Macho apertado na prensa para operação de ajuste [Imagem do Autor].**

Como as pressões a que o molde vai estar sujeito durante todo o processo de injeção são muito elevadas, o ajustamento da junta de vedação é feito com o auxílio de uma prensa hidráulica para aproximar a carga de fecho da máquina de injeção. Um exemplo do ajustamento do molde na prensa pode ser visto na Figura 53.



**Figura 53 - Molde a ser ajustado na prensa [Imagem do Autor].**

### 3.3.5 Metrologia

No setor da metrologia faz-se o controlo dimensional de todo o molde. Este setor, de elevada importância para a garantia de qualidade de todo o processo, intervém sempre que é requisitado para tal. Faz o controlo dimensional tanto de componentes de pequena dimensão, como dos de maior dimensão. Para além disso está também apto a fazer a calibração de todos os aparelhos de medição internos e a medir a dureza dos aços utilizados na produção do molde.

Para além de fazer o controlo dimensional dos moldes, o departamento de metrologia também faz o controlo dimensional das peças produzidas durante os ensaios acordados com o cliente.



**Figura 54 - Exemplo do controlo dimensional a um levantador [Imagem do Autor].**

## **4 Caracterização do Processo Atual das Bancadas “As Is”**

### **4.1 Introdução**

No presente capítulo pretende-se descrever a situação atual das bancadas (“*As Is*”). Identificar e caracterizar o processo produtivo das bancadas e, se possível, identificar algumas situações problemáticas.

Para poder fazer o levantamento de todas as tarefas desempenhadas pela bancada foi necessário trabalhar no local, em proximidade com todas as tarefas. Devido à enorme diversidade de tarefas desenvolvidas nas bancadas, optou-se por descrever o processo das bancadas de uma forma esquemática, recorrendo a fluxogramas, que pretendem dar uma ideia sequencial das operações/atividades desempenhadas.

Identificaram-se os pontos críticos da bancada, isto é, pontos onde a bancada demora mais tempo que o necessário ou pontos que não deviam ser da responsabilidade da bancada.

### **4.2 Processo Geral da Bancada**

Para obter um maior detalhe de todo o processo de bancada, optou-se por dividir o fluxograma em 3 partes, no entanto, todo o processo está ligado entre si não havendo independência entre as várias partes. Desta forma, o processo da bancada atualmente é representado pelas figuras seguintes, Figura 55, 56 e 57, que apresentam um fluxograma do processo.



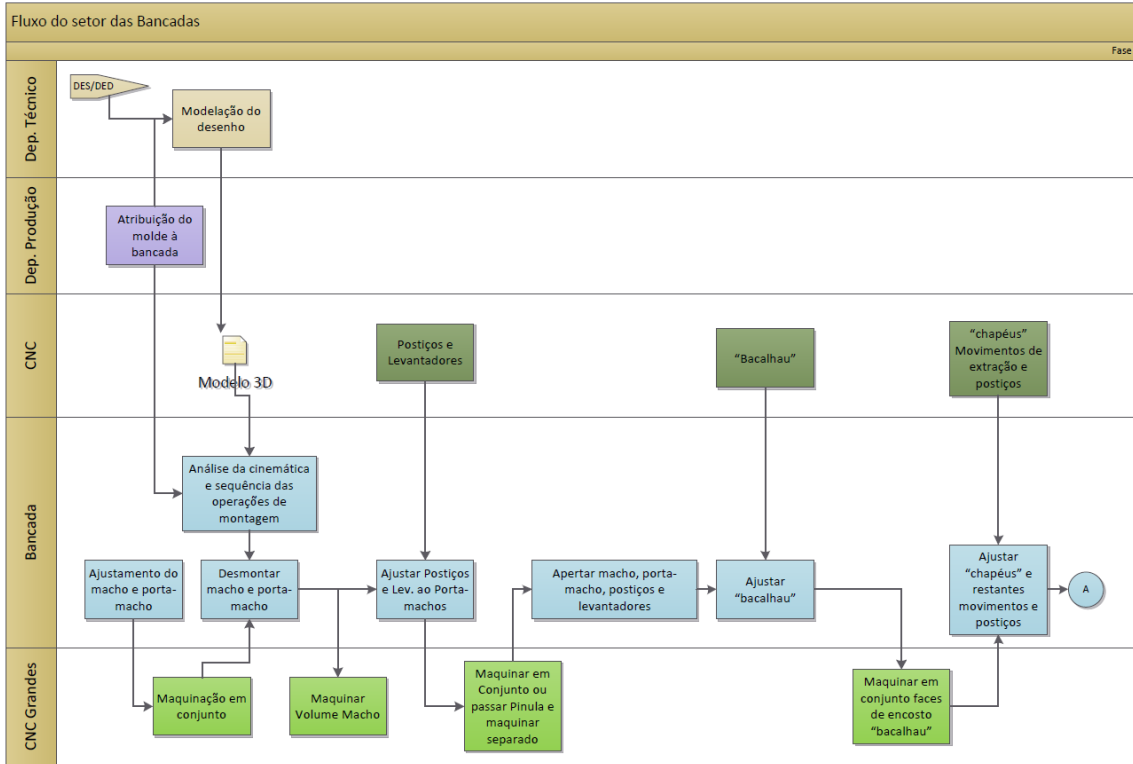


Figura 55 - Fluxograma da bancada parte 1 [Imagem do Autor].

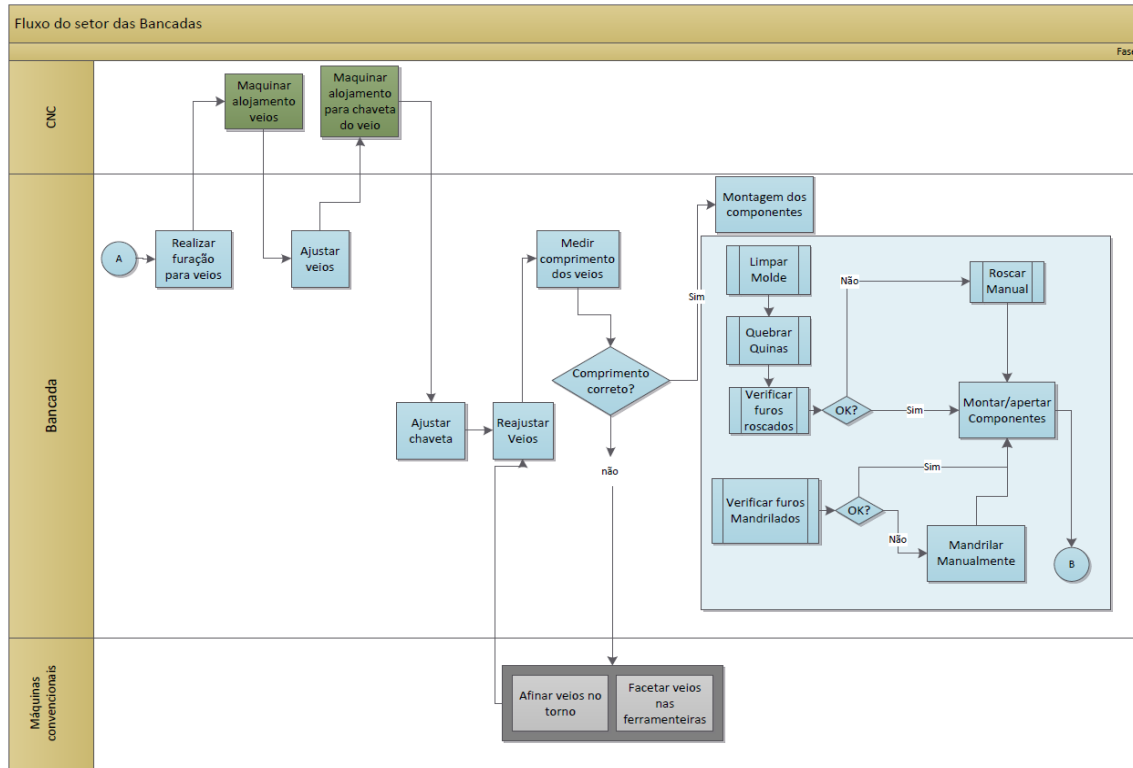
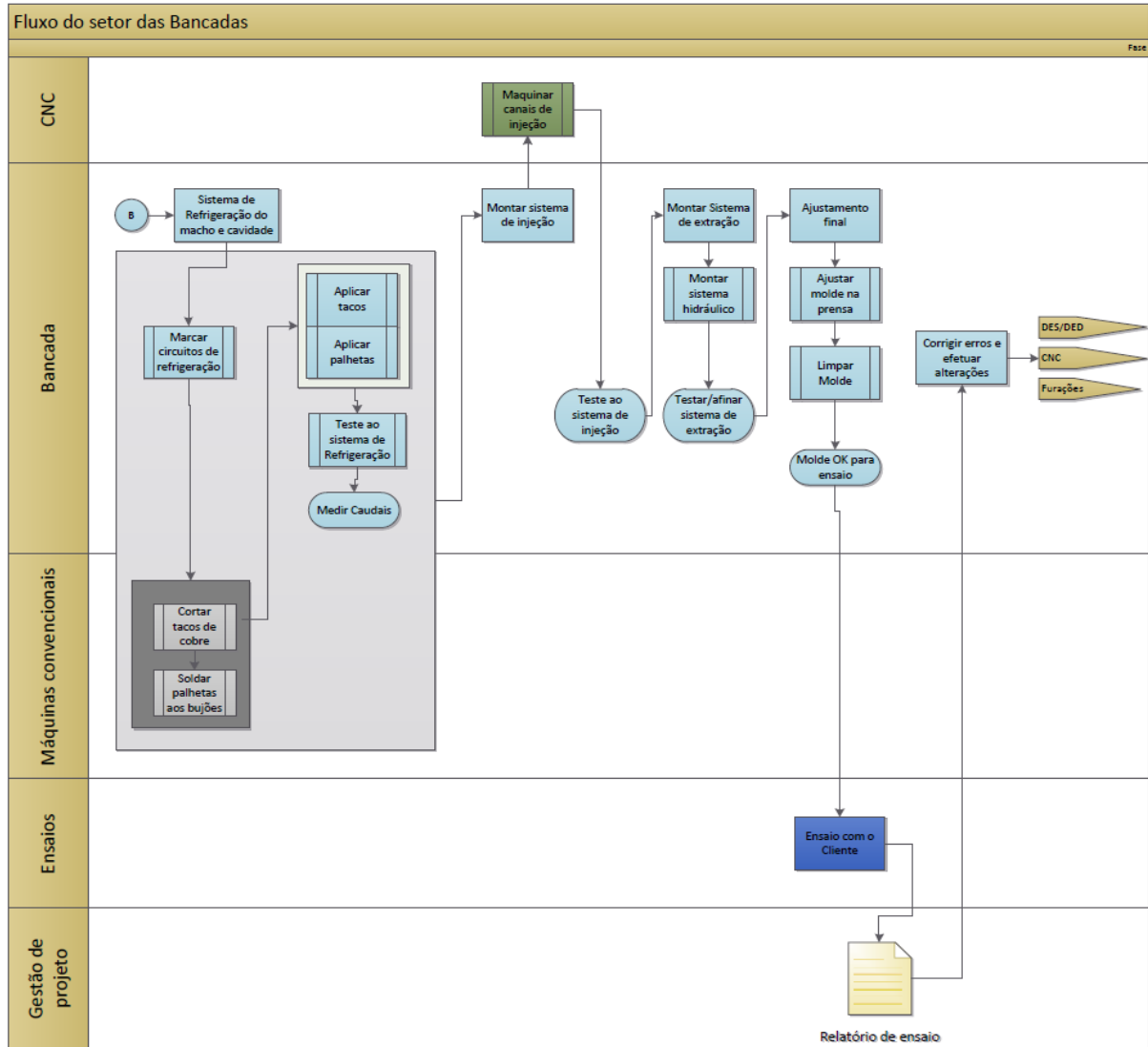


Figura 56 - Fluxograma da bancada parte 2 [Imagem do Autor].



**Figura 57 - Fluxograma da bancada parte 3 [Imagem do Autor].**

Como facilmente se pode observar através dos fluxogramas, existe uma elevada quantidade de atividades desenvolvidas pela bancada, sendo que a maior parte delas estão apresentadas de forma resumida.

De uma forma geral, todas as tarefas demoram bastante tempo até se poderem dar por concluídas. Isto deve-se ao facto de, praticamente todas serem iterativas, ao elevado peso dos componentes, à necessidade de serem manuseados com o auxílio da ponte rolante (nem sempre se encontra disponível no momento necessário) e à elevada complexidade das operações e componentes envolvidos.

Após o levantamento das macro atividades desenvolvidas nas bancadas, foram definidas, em conjunto com a direção de produção as atividades críticas que serão alvo de uma análise mais detalhada nos pontos seguintes.

### 4.3 Levantamento e caracterização das operações da bancada

Neste ponto fez-se a caracterização de várias atividades desempenhadas pela bancada. A forma como são apresentadas não é sequencial, sendo o objetivo retratar a situação atual das atividades em questão.

#### 4.3.1 Ligações Roscadas

Neste ponto, temos duas situações. Por um lado, tem-se os furos que vêm completamente sem roscar e são roscados na sua totalidade na bancada. Por outro, tem-se os furos que vêm parcialmente roscados da CNC e a rosca tem que ser finalizada na bancada.

No Primeiro caso, observou-se que acontecia em furos para roscas compreendidas entre o M4 e o M8. Neste caso usa-se um desandador e 3 machos (1º mancho, 2º macho e 3º macho) ou, como alternativa, usa-se uma máquina pneumática ou uma aparafusadora de bateria com os 3 machos.

No segundo caso, observou-se o que acontecia nos furos com diâmetros superiores, implicando que a correção da rosca seja feita exclusivamente recorrendo ao desandador manual com os 3 machos. Esta é uma tarefa que regra geral envolve um elevado esforço para o operador, pois quanto maior é a rosca, maior é o binário necessário para rasgar um fio da rosca.

Ambos os pontos são problemáticos para a bancada. No primeiro caso, pela grande quantidade de roscas compreendidas nas métricas referidas e no segundo, pelo elevado esforço físico exigido ao operador e consequentemente o elevado tempo associado a esta tarefa.

Embora através de uma observação mais atenta se possa concluir que os tempos associados tanto a um caso como ao outro são muito elevados, não foi possível analisar em profundidade ambas as situações, optando-se por analisar o primeiro caso de uma forma mais detalhada com o objetivo de retratar a situação atual e tentar perceber se será um ponto passível de intervenção.

Podem ver-se os 3 processos referidos anteriormente na figura seguinte, Figura 58.



**Figura 58 - Exemplo dos vários métodos de abrir roscas existentes [Imagem do Autor].**

**Assim, para caraterizar a situação atual procedeu-se da seguinte forma:**

- Analisar as listas de peças para perceber quais as métricas de parafusos mais usadas;
- Determinar as quantidades das métricas por molde e quantidade de furos por ano;
- Caraterização dos métodos atuais;
- Avaliar o peso atual desta operação para a bancada;
- Identificar pontos críticos.

### a) Análise da lista de peças dos Moldes

Analysaram-se as listas de peças de 3 moldes diferentes, de onde resultou a Tabela 2.

**Tabela 2 - Quantidade de furos roscados na bancada.**

Parafusos				Furos p/ roscar			
Molde	Tipo	Quantidade	Diâmetro (mm)	Ferramenta	Quantidade	% Bancada	Quantidade roscada
2246	M4	36	3,25	M4	36	100	36
	M5	28	4,25	M5	28	100	28
	M6	156	5,25	M6	156	100	156
	M8	70	6,75	M8	70	15	11
	M10	54	8,5	M10	54	15	8
2253	M4	66	3,25	M4	66	100	66
	M5	42	4,25	M5	42	100	42
	M6	365	5,25	M6	365	100	365
	M8	44	6,75	M8	44	15	6,6
	M10	129	8,5	M10	129	15	19
2266	M4	123	3,25	M4	123	100	123
	M5	48	4,25	M5	48	100	48
	M6	352	5,25	M6	352	100	352
	M8	124	6,75	M8	124	15	19
	M10	228	8,5	M10	228	15	34

Importa dizer que, nas métricas M8 e M10 apenas 15 % dos furos são roscados na bancada, os restantes são roscados nas máquinas CNC.

### b) Determinar as quantidades das métricas por molde e quantidade de furos por ano

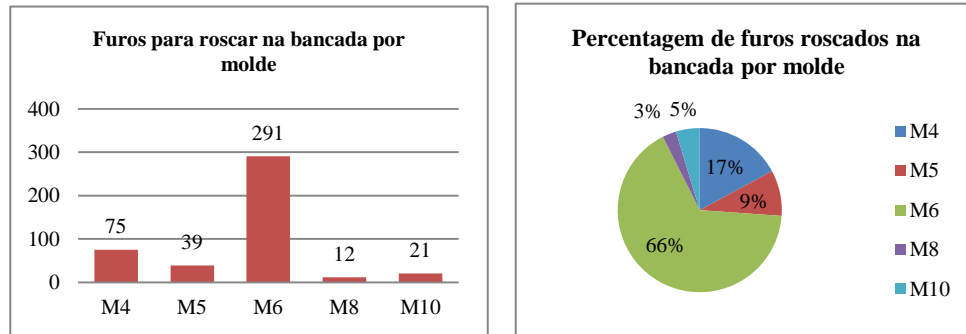
Assim, recorrendo à Tabela 2, fez-se uma média das quantidades de furos roscados na bancada, com o intuito de perceber quantos furos se roscam em média por molde para cada métrica. Isto pode ver-se na Tabela 3.

**Tabela 3 - Média das quantidades de furos roscados por molde e por ano na bancada.**

Tipo	Média/molde	Média/ano
M4	75	4725,00
M5	39	2478,00
M6	<b>291</b>	<b>18 333,00</b>
M8	12	749,70
M10	21	1294,65
TOTAL	<b>438</b>	

Como foi dito anteriormente, produzem-se aproximadamente 63 moldes por ano, o que leva a que os valores das quantidades de furos roscados totalmente na bancada por ano assumam valores tão elevados.

Da Tabela 3, facilmente se percebe que a métrica M6 se destaca das restantes, sendo esta observação comprovada pelos gráficos apresentados na Figura 59.

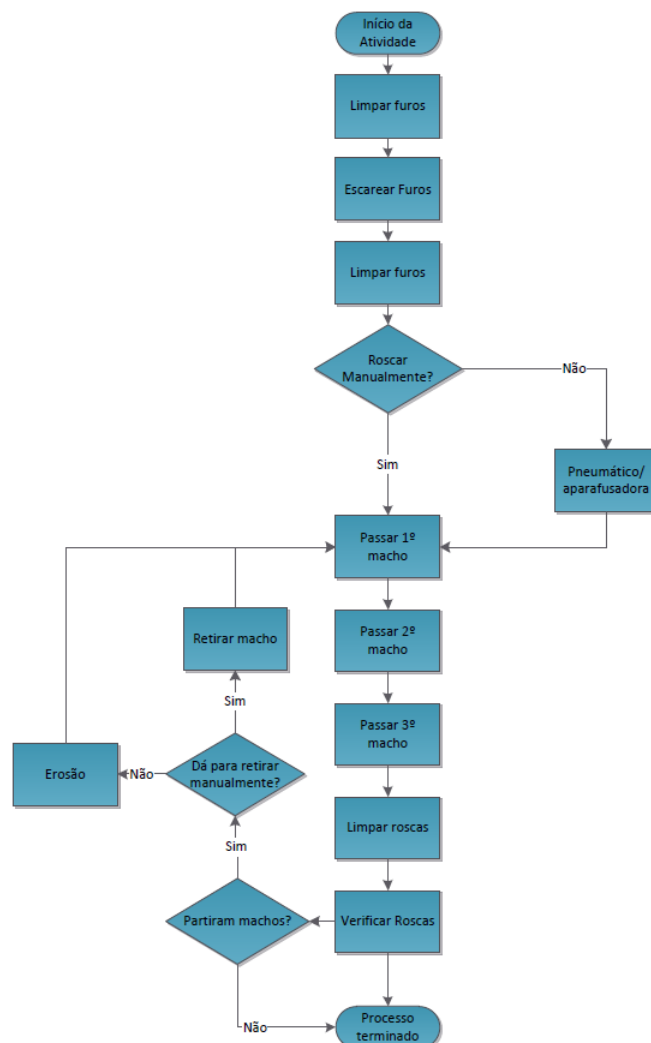


**Figura 59 - Gráficos referentes às quantidades e percentagem de furos roscados na bancada.**

Como se pode ver nos gráficos apresentados na Figura 59, a métrica M6 representa 66% dos furos roscados totalmente na bancada, portanto, a restante análise da situação será baseada nesta métrica.

### c) Caraterização dos métodos atuais

O método de execução é representado pelo fluxograma da Figura 60.



**Figura 60 - Fluxograma da roscagem dos furos na bancada.**

Como se pode ver no fluxograma anterior, este é um processo bastante iterativo. Isto porque para cada furo roscado na bancada é necessário passar 3 machos diferentes.

#### d) Avaliar o peso atual desta operação para a bancada

Durante cerca de 3 semanas, recolheram-se dados sobre esta métrica em situações reais, com o intuito de contabilizar a quantidade de furos roscados em 4 moldes para melhor compreender o processo de roscagem dos furos na bancada, como se pode ver na Tabela 4.

**Tabela 4 - Resumo das medições dos tempos de roscagem em moldes das bancadas.**

Molde	Métrica	Estado dos machos	Machos utilizados	Processo	Marca	Furos (amostra)	Tempo (min)	Total de furos (compo nente)	Tempo médio/ furo (min)
2255	M6	novos	1º, 2º e 3º	Pneumático	Ferg	12	13,89	74	1,16
2266	M6	usados	1º, 2º e 3º	Manual	Ferg	16	80	46	5,00
2252	M6	usados	1º, 2º e 3º	Manual	Ferg	102	540	102	5,29
2253	M6	novos	1º, 2º e 3º	Manual	Ferg	70	330	70	4,71
$\Sigma$								292	

Desta forma, pode-se verificar que foram utilizados dois procedimentos diferentes para abrir a rosca, num caso a máquina pneumática e em 3 das outras situações o manual. Na Tabela 5, faz-se uma análise dos tempos médios por furo para cada procedimento utilizado e estima-se uma percentagem de utilização para cada um deles.

**Tabela 5 - Tempos médios por furo e percentagem de uso por processo.**

	Manual	Pneumático
Tempo médio por furo (min)	5,00	1,16
Total de furos	218,00	74,00
Percentagem (%)	74,66	25,34

A tabela anterior, permitirá definir a situação atual do processo de roscar os furos M6. Uma vez que, segundo as informações recolhidas na empresa, o preço de hora-bancada é de 15€/h, pode-se então quantificar os gastos de tempo e dinheiro anuais na execução desta atividade.

#### Dados:

- 63 Moldes por ano
- 15€/h (hora-bancada)
- Pneumático → tempo médio de 1,16 min por furo → 25% de utilização por ano.
- Manual → tempo médio de 5,00 min por furo → 75% de utilização por ano.
- Furos M6 roscados por ano 18 333

Com base nestas informações procedeu-se à definição do estado atual da atividade de roscagem, como se pode ver na Tabela 6.

**Tabela 6 - Estado atual dos furos roscados na bancada (M6).**

Utilização	Furos M6/ano	Tempo (min)/furo	Tempo (h)/ano	Tempo (min)/furo
Total	18 333,00			
Manual (75%)	13 749,75	5,00	1 146,45	4,04
Pneumático (25%)	4 583,25	1,16	88,42	
		$\Sigma$	1 234,87	

A partir da Tabela 6 verifica-se que atualmente são utilizadas 1 234 horas o que implica um custo de 18 510 euros na roscagem de furos M6.

#### **e) Identificar pontos críticos**

O processo manual é bastante mais demorado que o pneumático, no entanto, atualmente, este tem a maior taxa de utilização (75%). Analisando os tempos médios de roscagem por furo, pode dizer que existe aqui uma forte possibilidade de melhoria, sendo que se neste momento o processo utilizado fosse exclusivamente o pneumático os valores obtidos seriam:

- 354 horas por ano para roscar todos os furos M6;
- 5 316 € por ano para roscar todos os furos M6.

.Assim, o método manual é um ponto crítico nesta operação.

#### **4.3.2 Mandrilar furos**

Em toda a cadeia produtiva as tolerâncias apertadas são uma realidade e os furos não são exceção. Na sua grande maioria, os furos têm que validar a tolerância H7<sup>3</sup> e, como tal, nas situações em que a CNC não consegue garantir esta tolerância estes são retificados na bancada utilizando um mandril manual.

Esta é uma tarefa de enorme responsabilidade pois pode acarretar custos consideráveis, uma vez que normalmente, estes furos servem para alojar casquilhos ou veios, no caso dos últimos com deslizamento e caso as tolerâncias não sejam verificadas podem surgir rebarbas na peça ou outro tipo de problemas. Estas situações têm de ser corrigidas e normalmente a sua correção fica dispendiosa.



**Figura 61 - Exemplo de uma operação de mandrilagem [Imagem do Autor].**

<sup>3</sup> Anexo A : Tolerâncias dimensionais entre furos e veios [24]

## Casquilhos

Os casquilhos, Figura 61 por dois motivos principais. O primeiro prende-se com as propriedades mecânicas do material de que é feito (CB3). Este material possui uma dureza inferior à do aço e, como tal, a haver desgaste, ocorre no casquilho e não no veio, sendo a substituição do casquilho mais fácil e menos dispendiosa. Para além disso, o deslizamento entre o veio e o casquilho é “auto lubrificado”, devido às propriedades dos materiais em questão. O segundo motivo, é uma opção construtiva, Figura 62, com o objetivo de garantir as tolerâncias dimensionais exigidas para um ajustamento deslizante (H7/g6)<sup>4</sup>, em zonas que não seja possível garantir de outra forma (mandrilando o furo).



**Figura 62 - Exemplo de casquilhos para utilizar num molde [Imagem do Autor].**



**Figura 63 - Exemplo da utilização de casquilhos [Imagem do Autor].**

## Veios sem casquilho

Existem situações onde os veios deslizam diretamente no furo, como é o caso dos extratores tubulares e dos extratores da peça. Em ambos os casos, os furos e os veios têm que cumprir a tolerância H7/g6, para que, quando sujeitos às elevadas pressões de injeção não se infiltre material dando origem a rebarbas na peça, que levará à abertura de um ponto de correção no relatório de ensaio e consequente arranjo na bancada. A correção deste problema pode acarretar custos elevados.

---

<sup>4</sup> Anexo A : Tolerâncias dimensionais entre furos e veios [24].



**Para caraterizar a situação atuou-se da seguinte forma:**

- a) Análise visual;
- b) Contacto com os chefes de bancada;
- c) Caraterizar zonas das peças que envolvam mandrilados;
- d) Caraterização dos métodos atuais;
- e) Caraterização dos problemas atuais;
- f) Consequências dos problemas.

**a) Análise visual**

Num primeiro momento, fez-se uma inspeção visual para verificar o estado do acabamento do mandrilado tendo-se verificado que era muito rugoso, Figura 64.



**Figura 64 - Furo mandrilado com mau acabamento [Imagem do Autor].**

**b) Contacto com os chefes de bancada**

Realizou-se um inquérito informal a todos os chefes de bancada, com o intuito de analisar os principais problemas associados aos mandrilados.

Foi consensual a opinião destes quanto as zonas críticas, sendo estas: alojamento de veios para movimentos e levantadores, extratores de canal e tubulares.

**c) Caraterizar zonas das peças que envolvam mandrilados**

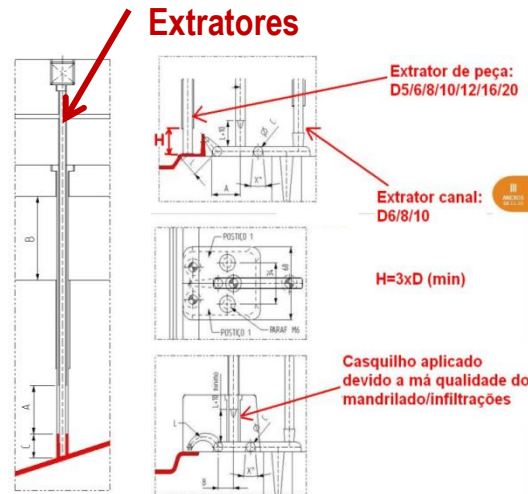
Na análise do processo dos mandrilados definiram-se 2 grupos, consoante a aplicação de casquilhos ou não:

**c1) Componentes sem casquilho**

**Tabela 7 - Componentes sem casquilho.**

Componente	Dimensão do componente	Comprimento do	Tolerância
		Mandrilado	
	ø (mm)	L (mm)	Tol.
Alojamentos bicos do sistema de injeção	20	20 a 30 mm	<b>H7</b>
	25		
	4		
Extratores tubulares	5	40 a 50	<b>H7</b>
	6		
	8		
	10		
	12		
	14		
	16		
	20		
Extratores de peça	5	40 a 50	<b>H7</b>
	6		
	8		
	10		
	12		
	14		
	16		
	18		
	20		

Na Figura 65, podem ver-se exemplos de zonas onde se mandrilam os furos e não se aplicam casquilhos.



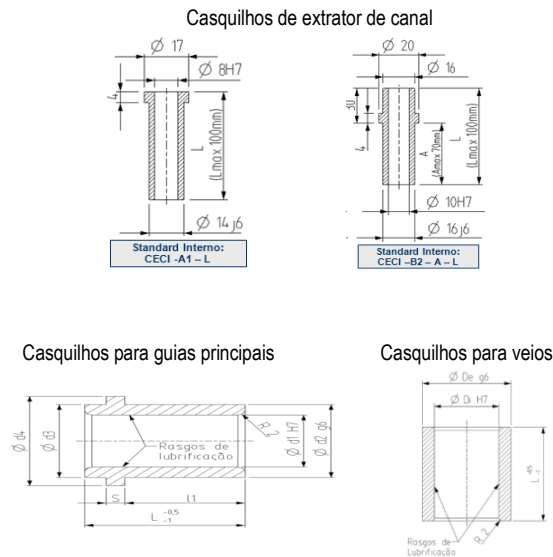
**Figura 65 – Exemplo de zonas sem casquilho.**

**c2) Componentes com casquilho.**

**Tabela 8 - Componentes com casquilho**

Componente	Diâmetro veio	Dimensão do Acessório / Casquilho					
Extratores de canal		ø Ext.			ø Int.		
		14 j6			8 H7		
		16 j6			10 H7		
		14 j6			8 H7		
		16 j6			10 H7		
Guias Principais		d1 (int)	d2 (ext)	d4	L		
	50	50	63	71	71		
	60	60	80	90	80		
	80	80	100	112	100		
Veios dos Movimentos e levantadores		Di	De	L			
	8	8	12	10	15	-	-
	10	10	14	15	20	-	-
	12	12	18	20	25	30	-
	16	16	22	30	35	40	-
	20	20	28	30	35	40	-
	25	25	35	35	40	50	-
	30	30	40	35	40	50	60
	40	40	55	50	60	-	-
	50	50	65	50	60	70	80
	60	60	75	50	60	70	80

Na Figura 66, apresentam-se alguns detalhes técnicos dos casquilhos utilizados nos componentes da tabela anterior.



**Figura 66 - Detalhes técnicos dos casquilhos utilizados [14].**

#### d) Caracterizar os métodos atuais

Nas tabelas 9 e 10 caracterizaram-se os métodos, as estratégias e as ferramentas de maquinação das zonas identificadas.

**Tabela 9 - Metodologias e estratégias.**

Componentes sem casquilho	Metodologias	Estratégia / atividades	Ferramenta
Alojamento bicos do sistema de injeção	1- Furado previamente pela traseira	1- abrir caixa	fresa tórica MD
		2- furar ( $\varnothing_{\text{broca}} = \varnothing_{\text{final}} - 0,5\text{mm}$ ou $\varnothing_{\text{final}} - 0,2\text{mm}$ )	broca normal / broca rápida
		3 - mandrilar	i. mandril cónico ii. mandril direito
	2- Sem furo prévio pela traseira	1 - abrir caixa	fresa tórica MD
		2- pontear	fresa de ponto
		3- furar ( $\varnothing_{\text{broca}} = \varnothing_{\text{final}} - 0,5\text{mm}$ ou $\varnothing_{\text{final}} - 0,2\text{mm}$ )	broca normal
		4 - mandrilar	i. mandril cónico ii. mandril direito
	3- Zonas de difícil acesso	1- fresar (+ forte 0,5 mm)	fresa tórica MD
		2- retificar com fresa até à cota	mandril
Alojamento de extratores tubulares / extratores de peça	Para qualquer $\varnothing$	1 - abrir caixa (superfícies inclinadas)	Fresa tórica MD
		2- pontear	Fresa de Ponto
		3- furar ( $\varnothing_{\text{broca}} = \varnothing_{\text{final}} - 0,5\text{mm}$ ou $\varnothing_{\text{final}} - 0,2\text{mm}$ )	Broca normal / broca rápida
		4 - mandrilar	i. mandril cónico ii. mandril a direito

**Tabela 10 - Metodologias e estratégias (continuação).**

Componentes com casquilho	Metodologias	Estratégia / Actividades	Ferramenta
<b>Extratores de canal</b>	Para qualquer $\phi$	1 - abrir caixa	fresa tórica MD
		2- pontear	fresa de ponto
		3- furar ( $\phi_{\text{broca}} = \phi_{\text{final}} - 0,5\text{mm}$ ou $\phi_{\text{final}} - 0,2\text{mm}$ )	broca normal / broca rápida
		4 - mandrilar	i. mandril cónico
			ii. mandril direito
<b>Guias Principais</b>	Para qualquer $\phi$	1- furar com broca com $\phi$ mais próximo (no máximo $\phi$ broca $< 0,5\text{mm}$ $\phi$ final do furo)	broca Harter ou Hertel
		2- alargar o furo (ocasional)	fresa
		3- retificar furo	multibore
<b>Veios dos Movimentos e Levantadores</b>	Para $\phi$ até 42 mm	1 - abrir caixa	fresa tórica MD
		2- pontear	fresa de ponto
		3- furar ( $\phi$ final do furo + 0,05 mm)	broca canhão / broca pastilha
		4 – Retificar (comprimento $< 250\text{mm}$ )	multibore
		5 – Retificar (comprimento $> 250\text{mm}$ )	Mandril coroa
	Para $\phi > 42$ mm	1- abrir caixa	fresa
		2- furo piloto H7	broca pastilha + multibore
		3- abrir furo	fresa
		4- retificar	Multibore / mandril
<b>Guias placa</b>			fresa tórica MD
<b>Extração</b>			
<b>1 placa</b>	Para $\phi$ até 40 mm	1 - abrir caixa	
		2- pontear	fresa de ponto
		3- furar ( $\phi$ broca $< 0,5\text{mm}$ $\phi$ final do furo)	broca canhão
		4 - mandrilar	mandril direito
		5 - retificar	multibore
<b>2 placas</b>	Para $\phi > 40$ mm	1 - abrir caixa	fresa tórica MD
		2- pontear	fresa de ponto
		3- furar ( $\phi$ broca $< 0,5\text{mm}$ $\phi$ final do furo)	broca normal
		4- retificar	multibore
		5- retificar	multibore

### e) Caraterização dos problemas

A caraterização dos problemas fez-se para as mesmas zonas definidas anteriormente, definindo-se para estas os problemas mais relevantes.

A. Nos mandrilados de componentes sem casquilhos, como os extratores das peças, tubulares e alojamentos dos bicos de injeção, os problemas caraterizam-se por:

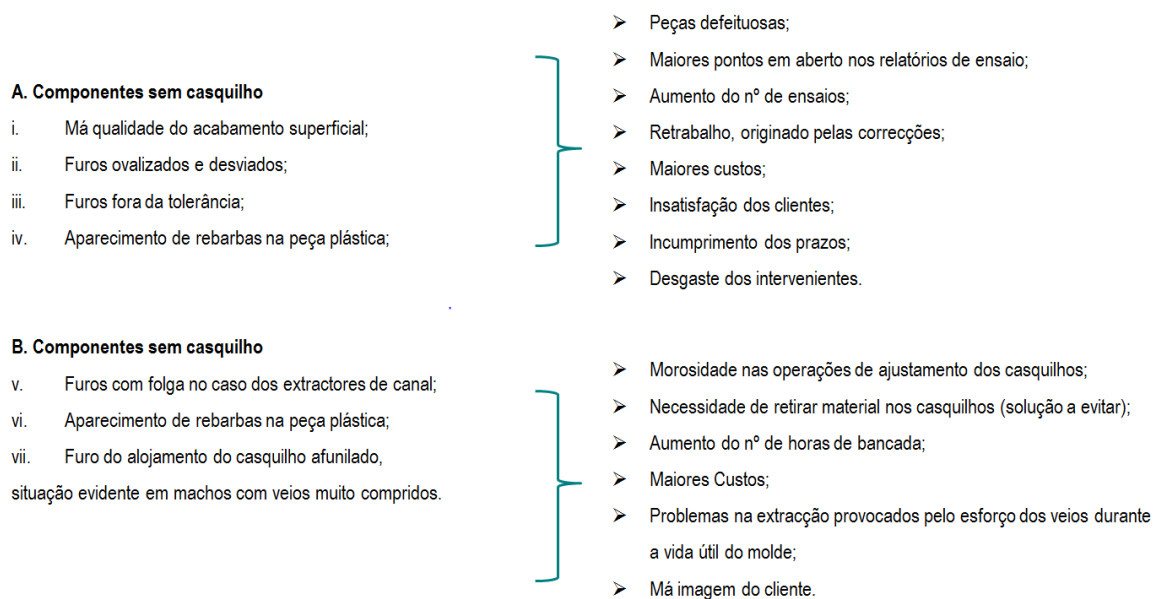
- I. Rugosidade da superfície – má qualidade no acabamento superficial;
- II. Furos ovalizados e desviados;
- III. Furos fora da tolerância;
- IV. Aparecimento de rebarbas na peça plástica;

B. Nos mandrilados de componentes com casquilhos, os problemas mais evidentes são:

- V. Furos com folga no caso dos extratores de canal;
- VI. Aparecimento de rebarbas na peça plástica;
- VII. Furo do alojamento do casquilho afunilado, situação evidente em machos com veios muito compridos.

### f) Consequências dos problemas

Na Figura 67, apresentam-se as consequências inerentes aos problemas identificados. Como já foi dito, na maior parte das vezes a resolução destes problemas acarretam elevados custos.



**Figura 67 - Consequências dos problemas dos mandrilados.**

### 4.3.3 Afinar Veios

A operação de afinar veios pode dividir-se em 2 etapas:

- Ajustar o veio ao componente;
- Ajustar o comprimento do veio.

Numa primeira análise, a última etapa parece desnecessária pois o comprimento do veio deveria ser o do modelo 3D. No entanto, por diversos fatores inerentes à maquinação dos diferentes componentes, por vezes, o comprimento do furo para o veio não é exatamente o mesmo que o comprimento do veio. Como tal, terá que ser acertado.



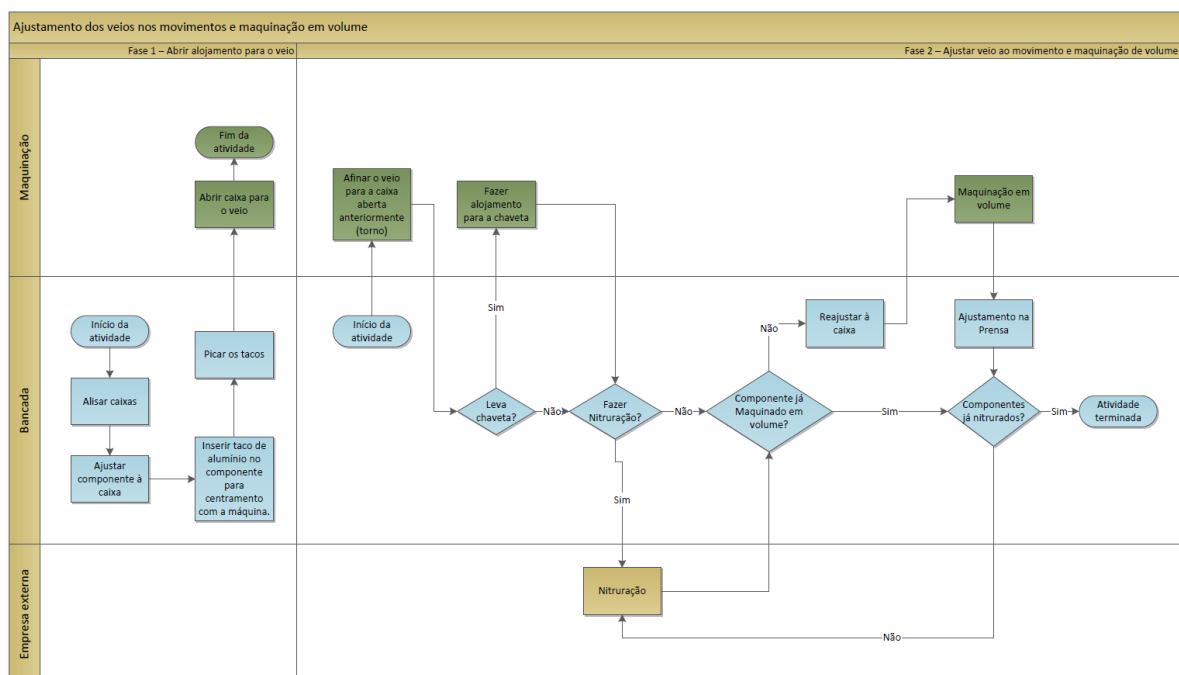
**Figura 68 - Exemplo de um componente com taco de alumínio [Imagem do Autor].**

Para caracterizar a situação atuou-se da seguinte forma:

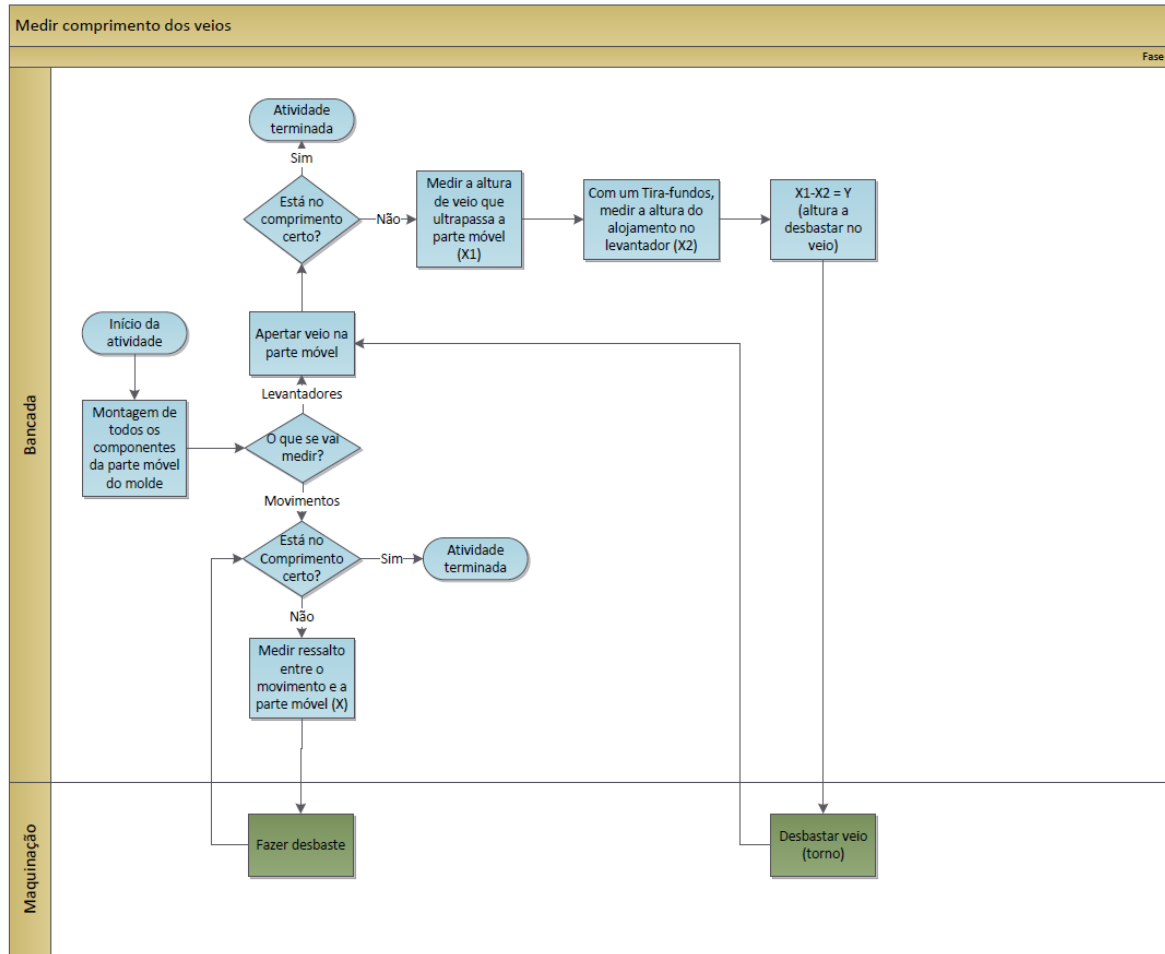
- Caraterização dos métodos atuais;
- Identificação dos pontos críticos;
- Avaliar o peso atual desta operação para a bancada.

#### a) Caraterização dos métodos atuais

O método global utilizado atualmente para afinar veios segue os fluxogramas apresentados nas Figuras 69 e 70.



**Figura 69 - Ajustamento do veio ao componente.**



**Figura 70 – Ajustamento do comprimento dos veios.**

## b) Identificação dos pontos críticos

Das duas etapas apresentadas anteriormente, considera-se a segunda etapa mais crítica. Isto porque os métodos para obter os comprimentos dos veios são bastante rudimentares e intuitivos, sendo inadequados para a precisão das medições pretendidas.

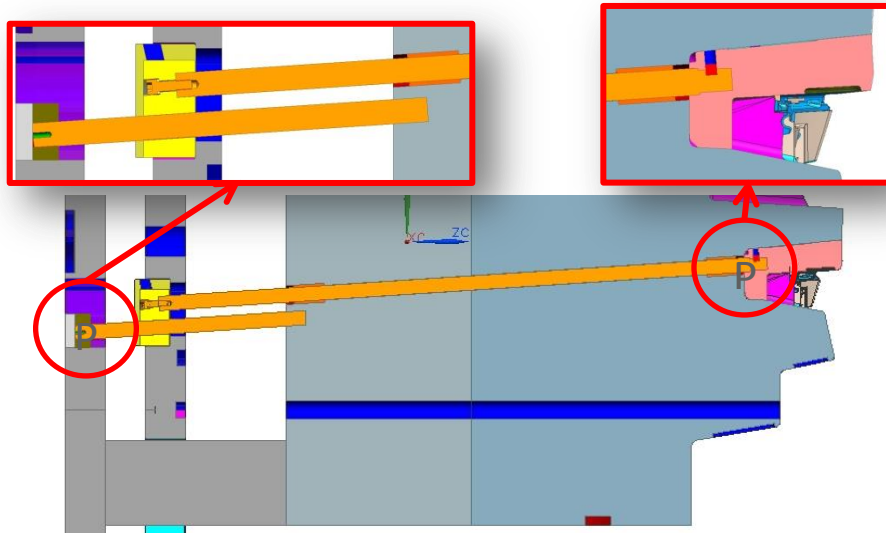
Pode-se dividir o tipo de veios em duas categorias:

- Veios para Levantadores (sem inclinação)
- Veios para Movimentos (com inclinação)

Quando se trata de afinar os veios do levantador, o processo é relativamente simples, pois não têm inclinação. No entanto, para os veios para movimentos o mesmo já não se verifica, neste caso o processo é bastante complicado, uma vez que os veios são inclinados.



Na Figura 71, pode ver-se um exemplo de um veio com movimento montado no molde.



**Figura 71 - Exemplo de um veio com movimentos [Imagem do Autor].**

Em ambos os tipos de veios, são várias as dificuldades observadas para obter o seu comprimento:

- Acesso ao interior do furo extremamente reduzido;
- Dimensões dos veios não são padronizadas;
- Peso dos componentes onde os veios estão alojados;
- Alojamentos dos veios não são padronizados.

Isto leva a que não seja possível estabelecer um padrão, nem definir um leque de situações finitas para as medições. Como tal, cada afinação do comprimento torna-se um caso particular, levando a que os métodos apresentados anteriormente sejam adaptados de acordo com a situação.

### **c) Avaliar o peso atual desta operação para a bancada**

Assim sendo, pode dizer-se que, atualmente, existem fundamentalmente dois métodos de determinação do comprimento dos veios: um para os levantadores e outro para os movimentos. No entanto, ambos podem sofrer alterações consoante a situação em questão.

Como se pode concluir das observações efetuadas e, já se referiu anteriormente, os métodos atuais são:

- Rudimentares;
- Intuitivos;
- Extremamente iterativos.

Observou-se que, com os métodos atuais as medições efetuadas são muito pouco precisas, isto justifica o facto de os métodos serem extremamente iterativos. Estes fatores levam a que o processo seja bastante demorado como se pode ver na tabela seguinte, Tabela 11.

**Tabela 11 - Estado atual da medição dos veios**

Dados	Descrição
Local	Bancada
Recursos necessários	Tira-Fundos
Componentes envolvidos	Macho / Levantadores/ Movimentos/Veios
Tempo (h)/ molde	30
Tempo (h)/ ano	1 890

#### 4.3.4 Verificações

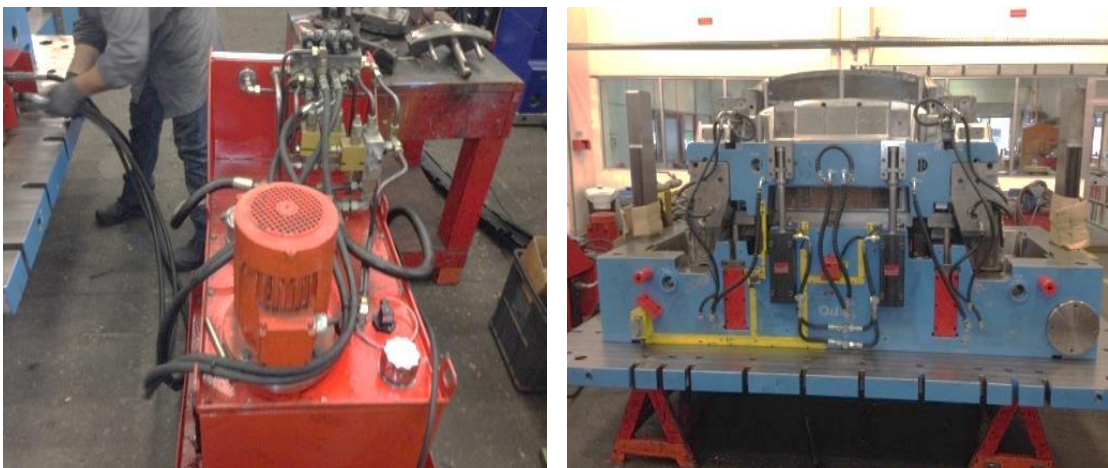
Durante a montagem do molde fazem-se algumas verificações com o intuito de garantir que tudo funcionará corretamente. São operações de certa forma simples, no entanto, são também operações de elevada responsabilidade.

Duas das verificações que se fazem são:

- Sistema de extração
- Caudais e fugas

##### Verificar sistema de extração

A verificação do sistema de extração é feita na bancada, recorrendo a uma bomba de óleo, que o faz avançar, Figura 72, possibilitando que os operadores percebam se o sistema está a funcionar corretamente e se todos os extratores e movimentos estão a seguir a cinemática do molde definida pelo cliente.



**Figura 72 - Bomba do óleo e sistema de extração levantado [Imagem do Autor].**

### **Verificar fugas e caudais**

Esta verificação, Figura 73, é de extrema importância para o molde, pois influenciará diretamente o tempo de ciclo do molde, dado que pode implicar um maior ou menor tempo de abertura do molde, mas também influencia diretamente o tempo de vida do molde pelo efeito térmico no material.



**Figura 73 - Bomba da água para verificação de fugas [Imagem do Autor].**

**Para caracterizar a situação atuou-se da seguinte forma:**

- a) Caracterização dos métodos atuais;
- b) Identificação dos pontos críticos;
- c) Avaliar o peso atual desta operação para a bancada.

#### **a) Caracterização dos métodos atuais**

É na verificação das fugas e caudais que atualmente se perde mais tempo. Esta verificação é feita separadamente, pois a bancada não reúne equipamento adequado para que se possam medir os caudais quando se verificam as fugas. Ou seja, enquanto o molde está na bancada, verificam-se as fugas nos vários componentes do molde utilizando uma bomba de água.

Posteriormente, o molde (montado) é enviado para a zona da empresa onde está montado o caudalímetro, na Figura 74, onde se medem individualmente os caudais de todos os circuitos de refrigeração do molde.



**Figura 74 - Área de medição do caudal [Imagem do Autor].**

O fluxograma apresentado na Figura 75, representa o método utilizado atualmente para verificar fugas.

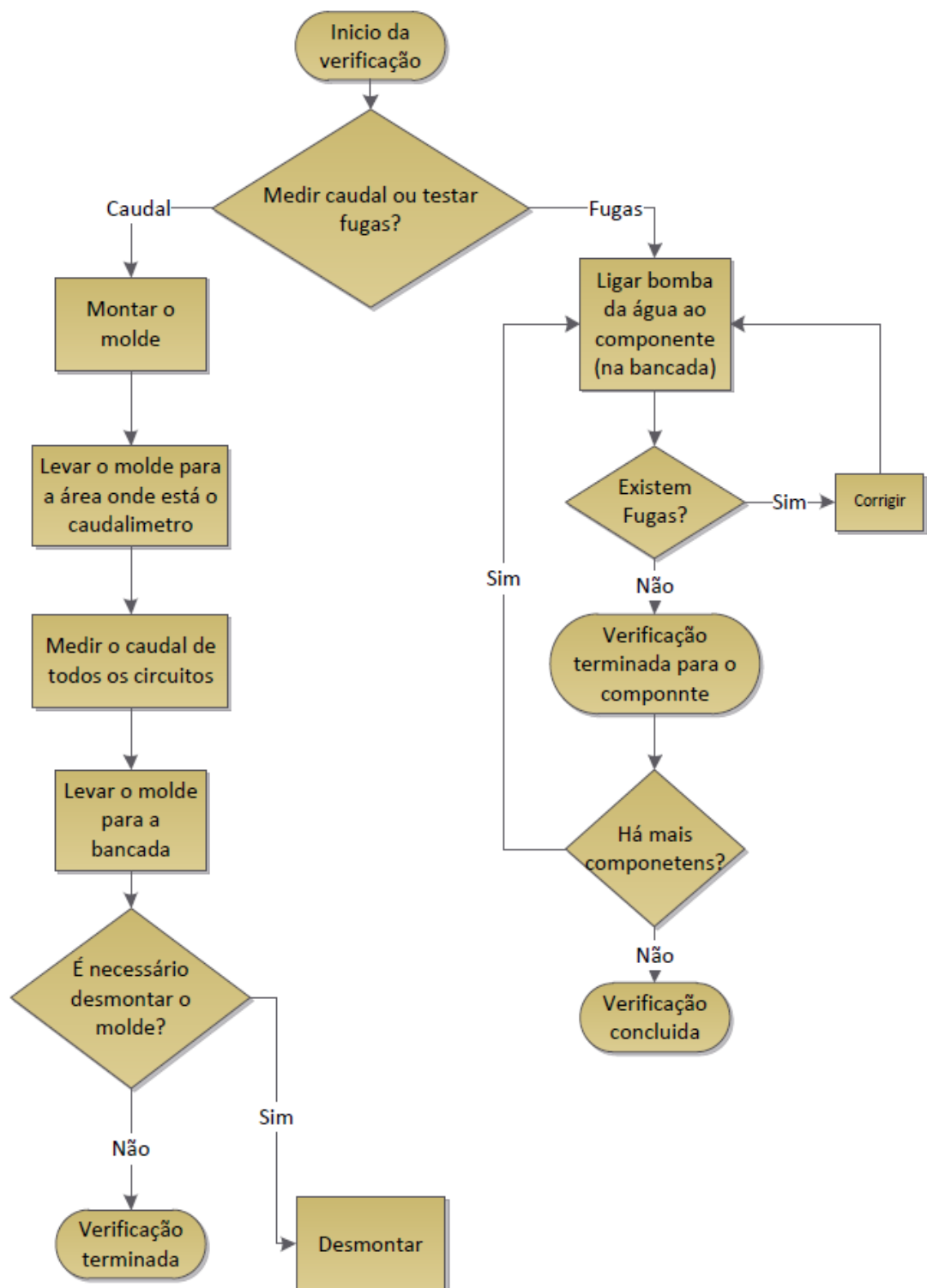


Figura 75 - Fluxograma da operação de verificação das fugas e medição dos caudais.

## b) Identificação dos pontos críticos

Da análise e observação desta operação os pontos críticos são:

- Tempo de espera pela ponte;
- Risco no transporte do molde até a zona de medição;
- Falta de qualidade das medições;

## c) Avaliar o peso atual desta operação para a bancada

Assim, observou-se a operação doente se chegou aos valores apresentados na Tabela 12.

**Tabela 12 - Gastos anuais na verificação do sistema de refrigeração.**

Gasto com as medições de caudal por ano						
Nº Moldes/ ano	Nº medições/molde	Medições/ano	Tempo (h)/medição (transporte)	Tempo(h)/ano	€/h de trabalho (serralheiro de bancada)	€/ano
63	2	126	7	<b>882</b>	15	<b>13 2300</b>

## 4.4 Estado global

Em suma, pode dizer-se que em alguns dos casos existem possibilidades de melhoria, tanto a nível de tempo, como poupanças de custos na produção do molde.

Para as atividades analisadas atualmente gastam-se, Tabela 13:

**Tabela 13 - Tempos gastos atualmente.**

Atividade	Ligações Rosca das	Mandrilar furos	Afinar Veios	Verificar caudais	Quebrar Quinas
Tempo (h)	1234	Não quantificável	1 890	882	756

O objetivo será reduzir este gasto, convertendo, sempre que possível, atividades internas deste setor em atividades externas utilizando recursos disponíveis noutros setores.

## **5 Caracterização do Processo “To Be”**

### **5.1 Introdução**

Sendo o setor da bancada o último processo global de produção dos moldes, é muitas vezes forçado a recuperar atrasos dos que o antecedem, como tal o bom funcionamento destas áreas de atividade é crucial.

Se existirem atrasos nas bancadas, estes são repercutidos diretamente nos prazos do cliente, implicando custos elevados e incumprimento dos contratos.

### **5.2 Propostas de melhoria**

#### **5.2.1 Ligações Roscadas**

Tendo em conta o contexto atual apresentado no capítulo anterior, a abordagem a este problema foi mais profunda que noutras situações encontradas. Isto porque o processo de abertura de roscas é na sua grande maioria manual e, porque cada molde tem uma elevada quantidade de furos roscados.

A solução proposta será analisada para furos com a métrica M6, mas a implementação será extensível às métricas de M5 a M8.

#### **Síntese da situação atual para furos M6:**

- Moldes por ano 63
- Furos M6 por molde 291
- Furos M6 por ano 18 333
- Furos roscados manualmente 75%
- Furos roscados pneumáticamente 35%
- Tempo médio (min/furo) 4.04 min
- Tempo gasto atualmente 1 234 horas
- Custo do processo atual 18 510 €/ano

#### **Assim, a metodologia seguida para analisar este processo foi:**

- a) Inquérito informal às bancadas;
- b) Soluções a analisar;
- c) Teste das soluções propostas;
- d) Análise dos resultados obtidos
- e) Validação dos resultados numa situação real;
- f) Análise económica;
- g) Apresentação de propostas.

### a) Inquérito informal às bancadas

Este inquérito permitiu perceber que a elevada percentagem de utilização do método manual se prende com a dificuldade na utilização da máquina pneumática, porque possui uma embraiagem violenta, que leva a que os machos se partam ao chegar ao fim do furo.

### b) Soluções a analisar

Assim sendo, as propostas apresentadas são as seguintes:

**Solução A** Testar os vários métodos disponíveis para abrir roscas na bancada, com o intuito de perceber qual o que dava o melhor compromisso entre o tempo de abrir roscas e o risco de partir machos. Aqui pretende-se testar os métodos disponíveis na bancada. No entanto, para além dos 3 machos usados atualmente, introduz-se a possibilidade de roscar os furos com um macho direto (macho de máquina) utilizando uma parafusadora a bateria ou a máquina de roscar pneumática.

Métodos a testar:

- Manual (3 machos manuais)
- Pneumático (3 machos manuais)
- Aparafusadora (3 machos manuais)
- Aparafusadora a bateria (macho de máquina – macho direto<sup>5</sup>)

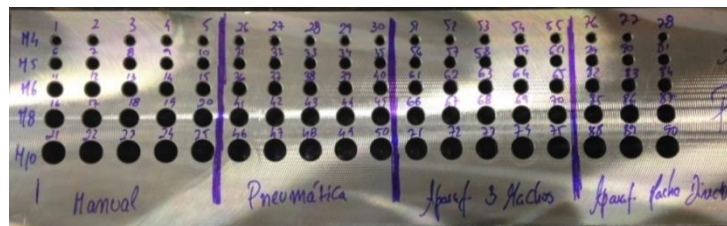
### Solução B Roscar os furos à CNC.

Esta solução já é utilizada noutras empresas do Grupo, como tal, a análise desta proposta passará por recolher dados de uma dessas empresas e compara-los com a solução anterior.

### c) Teste das soluções propostas

#### Solução A

Propôs-se a realização dos testes numa placa, Figura 76, com furos feitos para a gama de métricas em análise (M4 a M10), testando desta forma os vários processos nas várias métricas.



**Figura 76 - Placa utilizada para o teste [Imagem do Autor].**

Os testes fizeram-se nas seguintes condições:

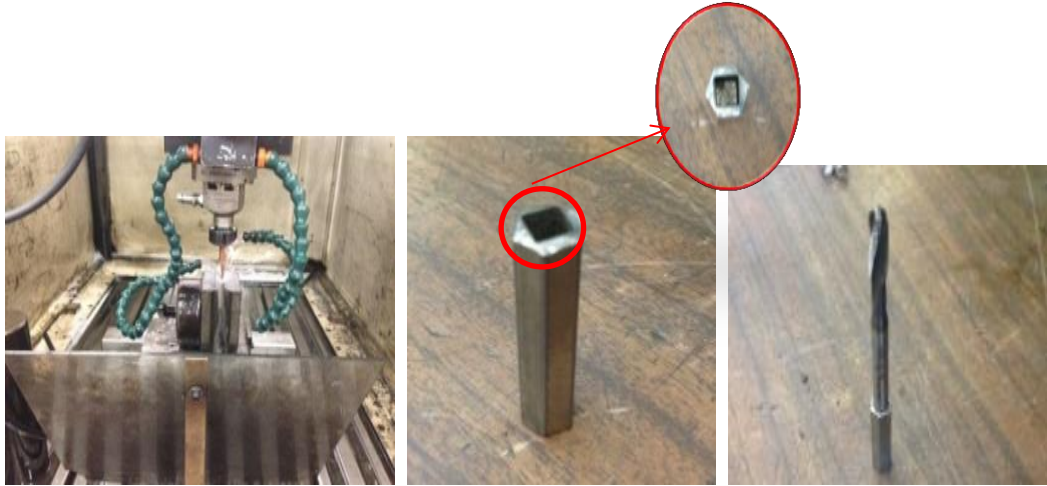
Material: Aço 2738

Métricas: M4, M5, M6, M8, M10

<sup>5</sup> Um único macho abre a rosca no furo.



Para se poder testar a aparafusadora com macho direto, houve a necessidade de criar um adaptador para as quadras dos machos, convertendo esta quadra numa forma que as pinças da aparafusadora fossem capazes de agarrar. Este adaptador foi pensado e desenvolvido por um operador da bancada 4, o Sr. Mário, que o produziu a partir de chaves obsoletas com sextavado exterior, recorrendo à erosão (recurso da empresa) para abrir a quadra para receber o macho, como se pode ver na Figura 77.



**Figura 77 - Adaptador criado para utilizar os machos na aparafusadora  
[Imagem do Autor].**



Do teste aos métodos propostos para a solução A, surgem os resultados apresentados na Tabela 14.

**Tabela 14 - Resultados obtidos nos testes aos métodos da bancada.**

		Tipo de rosca				
	Resumo	M4	M5	M6	M8	M10
<b>Manual</b>	Tempo Médio (min)/ furo (teórico)	2,15	2,37	2,37	2,93	3,32
	Tempo Médio (min)/ furo (real)	2,34	2,51	2,50	3,17	4,15
	Nº de furos roscados na bancada/molde	75,00	39,33	291,00	11,90	20,55
	Tempo total (min)	175,75	98,60	728,47	37,76	85,35
<b>Pneumático (3 machos)</b>	Tempo Médio (min)/ furo (teórico)		0,90	1,36	1,10	1,01
	Tempo Médio(min) / furo (real)		1,13	1,52	1,20	1,00
	Nº de furos roscados na bancada/molde		39,33	291,00	11,90	20,55
	Tempo total (min)		44,41	443,29	14,32	20,61
<b>Aparafusadora (3 machos)</b>	Tempo Médio (min) / furo (teórico)	1,04	0,93	1,39	1,24	1,07
	Tempo Médio (min) / furo (real)	1,17	1,05	1,51	1,33	1,11
	Nº de furos roscados na bancada/molde	75,00	39,33	291,00	11,90	20,55
	Tempo total (min)	87,50	41,30	438,44	15,87	22,81
<b>Aparafusadora (macho máquina)</b>	Tempo Médio (min) / furo (teórico)		0,25	0,28	0,31	
	Tempo Médio (min) / furo (real)		0,28	0,38	0,34	
	Nº de furos roscados na bancada/molde		39,33	291,00	11,90	
	Tempo total (min)		10,93	110,58	4,10	

### Considerações sobre o teste:

- O método manual demorou em média 2,5 min por furo. A diferença para o valor recolhido da amostra real que serviu para retratar a situação atual deste processo (5 min por furo para o processo manual) deve-se a vários fatores, entre os quais estão a vontade do operador no momento em que está a executar a tarefa, o dia da semana, se está calor, se está frio, ... Importa também referir que os furos roscados no teste eram sequenciais, não havendo desperdício de tempo entre a transição de furos, o que numa situação real não se verifica. Desta forma nada se pode dizer quanto à disparidade dos tempos obtidos para o mesmo processo.
- Como era de esperar, a aparafusadora e a pneumática com 3 machos manuais obtiveram tempos muito próximos, o que leva a crer, muito embora não tenha sido feito o teste, que na situação onde se utilizou o macho direto os valores possam ser também semelhantes.

- O método mais rápido foi a aparafusadora com macho direto, obtendo-se tempos de 0,38 min por furo, muito abaixo de qualquer outro método.
- Para a métrica M4 não foi possível realizar o teste com a aparafusadora com macho direto nem a pneumática com 3 machos pela reduzida resistência dos machos em questão.
- A aparafusadora não teve binário necessário para roscar furos M10 com macho direto, acredita-se que terá acontecido pelo desgaste do aparelho.

## Solução B

Os valores apresentados na Tabela 15 foram recolhidos numa empresa do Grupo que atualmente rosca os furos das métricas em análise na CNC.

**Tabela 15 - Dados de roscar furos numa CNC.**

Parâmetros							CNC		
Métrica	Marca Macho	Avanço	Rotação	Quantidade	Tempo	Estado do macho	Total furos	Tempo Total (min)	Tempo (min)/furo
M6	TANOI	300	300	32	20	Novo	234,00	160,00	0,68
	TANOI	300	300	35	20	Usado			
	TANOI	300	300	48	25	Usado			
	TANOI	300	300	34	20	Usado			
	TANOI	300	300	7	5	Usado			
	TANOI	300	300	9	5	Usado			
	TANOI	300	300	3	1	Usado			
	TANOI	300	300	10	4	Usado	237,00	150,00	0,63
	TANOI	100	100	56	60	Partiu			
	Ferg	300	300	180	120	Usado			
	Ferg	300	300	10	6	Usado			
	Ferg	300	300	10	6	Usado			
	Ferg	300	300	37	18	Usado			
<b>Média</b>							235,50		0,66

Da tabela anterior pode ler-se que os machos apresentam duração média de 235, tendo-se obtido um tempo ligeiramente superior ao obtido com a aparafusadora (0,66 min por furo).

### a) Análise de Resultados

Das soluções apresentadas anteriormente destacaram-se: a aparafusadora com macho direto (0.38 min/furo) e, a CNC (0.66 min/furo). Desta forma, na Tabela 16 compara-se os dois métodos propostos com o atual.

**Tabela 16 - Comparação entre métodos.**

Processo	Furos M6/ano	Tempo por furo (min)	Tempo (h)/ano	Mão-de-obra <sup>6</sup> €
Atual		4,04	1 234,42	18 516,30
Aparafusadora (macho máquina)	<b>18 333</b>	0,38	116,11	<b>1 741,65</b>
CNC		0,66	201,66	15 124,5

Da tabela anterior pode ver-se que ambas as soluções apresentadas são vantajosas, sendo o ganho de horas idêntico nas duas, no entanto, os custos associados à mão-de-obra são bastante superiores na solução da CNC.

#### e) Validação dos resultados numa situação real

Como os dados recolhidos para a solução da CNC foram dados provenientes de situações reais, optou-se por testar o método da aparafusadora com macho direto numa situação real para se poderem validar os valores obtidos na placa de teste.

##### Situação real:

Métrica dos furos – M6;

Diâmetro dos furos – 5,25 mm;

Método – Aparafusadora com macho direto;

Material – Aço 2738;

Marca dos Machos – *Ferg*.

**Tabela 17 - Resultados obtidos numa situação real.**

	Furos M6	Tempo Total (min)	Tempo (min)/Furo
Aparafusadora (macho máquina)	99	38,00	0,38

Como era esperado, os tempos obtidos foram semelhantes e validaram os tempos obtidos no teste, como tal, esta será mais vantajosa que a solução da CNC.

<sup>6</sup> Custos da Mão-de-obra: bancada 15€/hora; CNC 75€/h

## f) Análise económica

Na Tabela 18 encontram-se os custos associados à metodologia atual e a metodologia da aparafusadora com macho direto.

**Tabela 18 - Custos do processo atual e da aparafusadora.**

Análise Financeira do Atual	Atual	Aparafusadora Macho direto
Custo hora trabalho €		15
Nº Moldes / ano		63
Nº furos / molde		291
Nº furos / ano		18 333
Tempo por furo (min)	4,04	0,38
Tempo global (horas)	1 234,87	116,11
Equipamentos		
% Utilização manual	75%	0%
% Utilização pneumática	25%	0%
% Utilização Aparafusadora	0%	100%
Custo machos manuais	30,00	14,00
Nº de furos por machos	135,80	180,00
Consumo machos / ano	135,00	101,85
Custo dos machos €	4 050,00	1 425,90
Mão-de-obra €	18 523,05	1 741,65
Custo processo €	22 573,05	3 167,55
Ganho (horas)		1 118,76
Ganho €		19 405,50

Da tabela anterior importa referir que, para o processo manual, foi definido através da lista de compra de machos de 2013 fornecida pela empresa, que pode ser consultada no Anexo D.

Por outro lado, no caso da aparafusadora, estimou-se uma durabilidade (nº de furos roscados por macho) para os machos a partir da durabilidade obtida nas CNC e que pode ser observada na Tabela 15. No entanto, introduziu-se um fator *delta* ( $\Delta$ ) que traduz todas as variações humanas que podem reduzir a duração dos machos.

Assim, da Tabela 16 tem-se:

Duração dos machos na CNC = 235 furos

Duração Aparafusadora =  $235 - \Delta$

Admitindo que  $\Delta = 55$  furos, temos:

Duração Aparafusadora =  $235 - 55 = 180$  furos por macho

### **g) Apresentação de propostas**

#### **Proposta 1**

A primeira proposta passa simplesmente por implementar na bancada o novo método (aparafusadora com macho direto), obtendo benefícios consideráveis na poupança de tempo e de dinheiro anual.

Para a viabilidade da implementação deste processo será imperativo adquirir uma aparafusadora por bancada, perfazendo a totalidade de 8 aparafusadoras para toda a MDA.

Sugere-se que a aparafusadora a adquirir tenha um binário superior ao da que atualmente está disponível na empresa para permitir um maior leque de aplicação, um menor desgaste da máquina, melhor qualidade de execução e, que tenha também uma maior duração de bateria.

#### **Custos fixos**

A cada metodologia estão associados custos fixos, que se apresentam na tabela seguinte e que podem ser analisados com maior detalhe no anexo E.

**Tabela 19 - Custos fixos de cada método.**

Preço € (por Unidade)	
Manual	30
Aparafusadora	333

#### **Custos anuais**

**Tabela 20 - Custos anuais de cada processo.**

	Mão-de-obra	Machos
Manual	18.523,05 €	4.050,00 €
Aparafusadora	1.741,65 €	1.425,90 €

Aqui importa salientar que o custo anual com machos passará a ser 2,85 vezes inferior ao custo atual. Por um lado porque se consomem menos machos por ano e, por outro, porque o preço dos machos de máquina é aproximadamente metade dos machos manuais como se pode ver na Tabela 18.

Na Tabela 21, pode-se perceber qual o ganho efetivo com a implementação do novo processo. Esta tabela é uma síntese da Tabela 18.

**Tabela 21 - Comparação entre os custos do processo atual e o futuro.**

Processo	Custo do Processo (€)	Ganho (h)	Ganho (€)
Atual	22 573,09	1 118,76	19 405,50
Futuro	3 167,55		

### Análise do investimento (ROI)

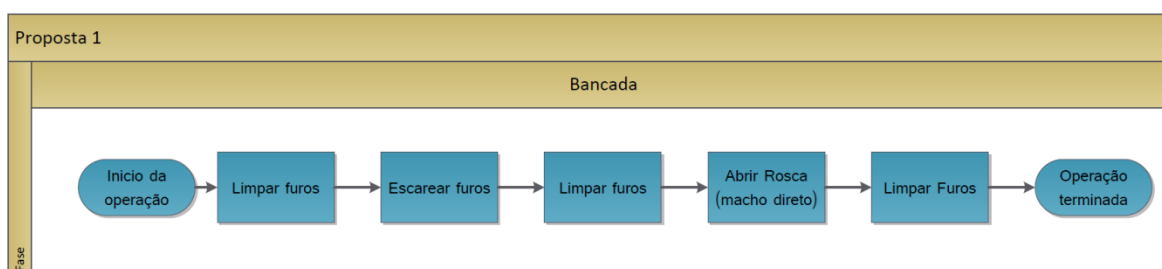
Atualmente existe em cada unidade da MDA uma aparafusadora, como tal, será calculado o *ROI (retun of investimento)*<sup>7</sup>, Tabela 22, para a aquisição de 8 aparafusadoras iguais às atuais e, 8 que pelas suas características técnicas e pelo referido anteriormente se entende que sejam a melhor opção de compra. Todas as informações técnicas mais importantes tidas em conta para a escolha do equipamento encontram-se em síntese no Anexo E.

**Tabela 22 - Cálculo do ROI.**

Máquina	Modelo	Custo Uni. (€)	Unidades	Custo Total (€)	ROI (meses)
Atual	Bosch GSR 18-2-LI	271	8	2 168	1,34
Proposta	Metabo BS 14,4 LT	333	8	2 664	1,40

Como se pode concluir da tabela anterior, ambas as opções pagam-se em menos de 2 meses, pelo que, a optar por esta proposta será muito vantajoso para a empresa adquirir o equipamento em questão.

Desta forma, a operação de roscagem dos furos será feita pela bancada e, terá um fluxograma aproximado ao da Figura 78.



**Figura 78 - Fluxograma da operação de Roscar na bancada com aparafusadora de macho direto [Imagem do Autor].**

Importa dizer que a operação de escarear furos deve ser feita em todos os furos, continuando nesta proposta, a ser realizada na bancada antes da operação de roscar os furos. Os valores

<sup>7</sup> O *ROI* permite calcular o tempo que o investimento levará a ficar pago, para tal divide-se os custos pelos ganhos obtidos com a mudança proposta.

apresentados anteriormente remetem exclusivamente para a operação de roscar furos, no entanto, uma vez que operação de escarear furos é feita pela mesma máquina que rosca o furo, o tempo será, no máximo, igual ao de roscar os furos. Como tal, não afetará os valores obtidos anteriormente.

Em suma, com um investimento em equipamento de 2 664 euros pode ganhar-se:

- 1 119 horas por ano;
- 19 405 euros por ano;
- Simplificação da operação de roscagem de furos.

## **Proposta 2**

A segunda proposta, passa por converter atividades internas da bancada em atividades externas de outros setores, utilizando recursos disponíveis na empresa para a execução das mesmas.

Assim, sugere-se que os furos passem a ser roscados a montante da bancada, utilizando a aparafusadora de macho direto. Esta tarefa será executada utilizando recursos humanos disponíveis na empresa, o que libertará completamente a bancada desta tarefa, sendo por isso ainda mais vantajosa que a primeira.

Neste caso apenas haverá a necessidade de adquirir uma aparafusadora por cada unidade da MDA.

Os ganhos com esta proposta serão ainda mais evidentes, uma vez que os custos de mão-de-obra da Tabela 20, associados à proposta anterior, neste caso podem ser ignorados. Isto porque, se utilizarão recursos disponíveis na empresa, pelo que se pode considerar que essa mão-de-obra já está paga.

Neste ponto apenas se apresenta a proposta, no entanto, mais a frente analisar-se-á a existência destes mesmo recursos e, a possibilidade de integrar esta ou outras propostas que possam surgir.

## **Custos fixos**

A cada metodologia estão associados custos fixos, que se apresentam na Tabela 23 e podem ser analisados com maior detalhe no Anexo E.

**Tabela 23 - Custos fixos de cada método.**

Preço € (por Unidade)	
Manual	30,00
Aparafusadora	333,00

## Custos anuais

**Tabela 24 - Custos anuais de cada processo.**

	Mão-de-obra (Proposta 1)	Mão-de-obra (Proposta 2)	Machos
Manual	18.523,05 €	0 €	4.050,00 €
Aparafusadora	1.741,65 €	0 €	1.425,90 €

Assim sendo, pode-se somar ao ganho com a alteração do processo o valor poupado em mão-de-obra.

Ganho (Proposta1) – 19 405,50 €

Ganho (Proposta 2) = 19 405,50 + 1 .741,65 = 21 147,15 €

O mesmo acontece com o tempo gasto pela bancada para roscar os furos com o novo processo (116.11 horas) na Tabela 18, que deixa de ser considerado uma vez que este tempo será conseguido do aproveitamento dos recursos disponíveis na empresa.

Tempo ganho (Proposta1) – 1 118,76 horas

Tempo ganho (Proposta 2) = 1 118,76 + 116,11 = 1 234.87 horas

Na Tabela 25, pode-se perceber qual o ganho efetivo com a implementação do novo processo.

**Tabela 25 - Comparação entre os custos do processo atual e o futuro.**

Processo	Custo do Processo (€)	Ganho (h)	Ganho (€)
Atual	22 591	1 234,87	21 147.15
Futuro	1 144		

## Análise do investimento (ROI)

.

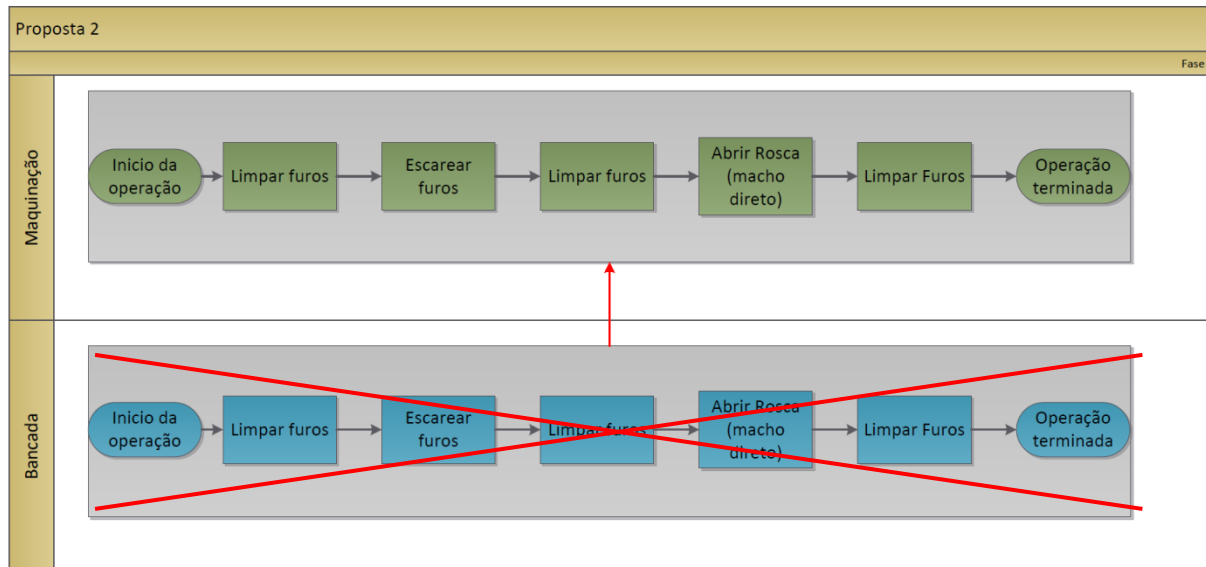
**Tabela 26 - Cálculo do ROI.**

Máquina	Modelo	Custo Uni. (€)	Unidades	Custo Total (€)	ROI (meses)
Atual	Bosch GSR 18-2-LI	271,00	2	542,00	0,31
Proposta	Metabo BS 14,4 LT	333,00	2	666,00	0,38



Da tabela anterior, pode concluir-se que o investimento fica pago em menos de 1 mês, mais concretamente em 0,38 meses no caso da máquina proposta, isto significa que a máquina se paga em 7,6 dias<sup>8</sup>.

O fluxograma que se segue na Figura 79, pretende traduzir a alteração efetuada, convertendo as atividades internas da bancada em atividades externas de outros setores.



**Figura 79 - Fluxograma da Proposta 2 [Imagem do Autor].**

Como se pode ver na figura anterior, com esta proposta consegue-se retirar a operação de roscagem da bancada, sendo realizada a montante da bancada e, com ela vai também a operação de escarear furos, que será realizada imediatamente antes de roscar os furos no mesmo setor, conseguindo-se assim:

- Libertar a bancada da operação de roscagem e de escarear furos;
- Introduzir a metodologia do Fornecedor/ Cliente;
- Poupar tempo à Bancada;
- Converter atividades internas da bancada em atividades externas, realizadas por outros setores;
- Otimizar os recursos disponíveis na empresa.

Em suma, com um investimento em equipamento de 666 euros pode ganhar-se:

- 1 234,87 Horas por ano;
- 21 147,15 Euros por ano;

<sup>8</sup> Considera-se um mês com 4 semanas e uma semana com 5 dias.

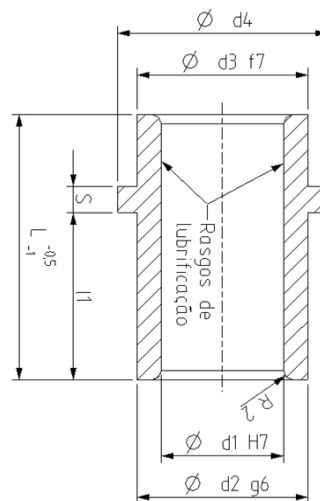
### 5.2.2 Mandrilar furos

A caracterização do processo atual (AS-IS) contribuiu para identificar os problemas descritos, pelo que cada problema foi estudado de forma independente.

No entanto, devido à limitação de tempo, numa primeira fase, apenas se estudaram soluções com o objetivo de resolver os problemas identificados nos mandrilados em zonas sem casquilho, nomeadamente, dos extratores tubulares, da peça e alojamentos dos bicos de injeção.

**Assim sendo, a solução futura deve garantir os seguintes requisitos, Figura 80:**

- Tolerância H7;
- Verticalidade dos furos;
- Furos não ovalizados;
- Bom acabamento da superfície.



**Figura 80 – Detalhe técnico de um casquilho [14].**

**Desta forma, a metodologia seguida para analisar este processo foi:**

- Soluções a analisar;
- Teste das soluções propostas;
- Análise dos resultados obtidos
- Análise económica;
- Apresentação de propostas.

#### **a) Soluções a analisar**

Após consultar as várias alternativas existentes no mercado e, o contacto com os fornecedores da empresa, encontraram-se várias alternativas com a possibilidade de resolver os problemas.

Tem-se como objetivo testar as diferentes propostas de forma isolada e, posteriormente os resultados serão comparados para definir qual a melhor alternativa.

**Solução A – Proposta pela SECO**


**Solução B – Proposta pela SUNNEN**

### Solução A


A solução A foi apresentada pela SECO. Estes propuseram a realização de um teste aos seus mandris numa placa teste, com o objetivo de validar os requisitos.

Assim, propuseram que se testassem duas gamas diferentes dos seus mandris, para satisfazer a gama de diâmetros apresentada, realizando o teste segundo os parâmetros de corte e as estratégias de maquinação definidas por eles.

Nas Figuras 81 e 82 podem ver-se os tipos de mandris propostos para teste bem como alguns detalhes técnicos destes tendo sido retiradas do catálogo da marca.

Nanofix	Ø Range	Reaming depth	Hole tolerance	Intermediate diameters	Surface finish
 <p>Pages 241-251.</p>	.1169-.4744" 2.97-12.05 mm	10-15 x D	IT 7	X	R <sub>a</sub> 32-47 µin R <sub>a</sub> 0.8-1.2 µm

**Figura 81 - Mandris Nanofix.**

<p>PM50/PM55/PM60</p>  <p>Pages 263-273</p>	.3748-1.5157 (inch) 9.520-38.499 (mm)	~ 4-5 x D	IT 6-7-8	X	R <sub>a</sub> 16-32 µin R <sub>a</sub> 0.4-0.8 µm
--	--	-----------	----------	---	---

**Figura 82 - Mandris Precimaster**

### Solução B

A solução B surgiu do contacto com a empresa SUNNEN, esta empresa possui mandris abrasivos que conferem ao furo um acabamento superficial muito bom e garantem as tolerâncias dimensionais dentro da gama pretendida.

Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes para injeção de termoplásticos.

Da reunião com a SUNNEN, sugeriram que se testassem os mandris que se apresentam na Figura 83.



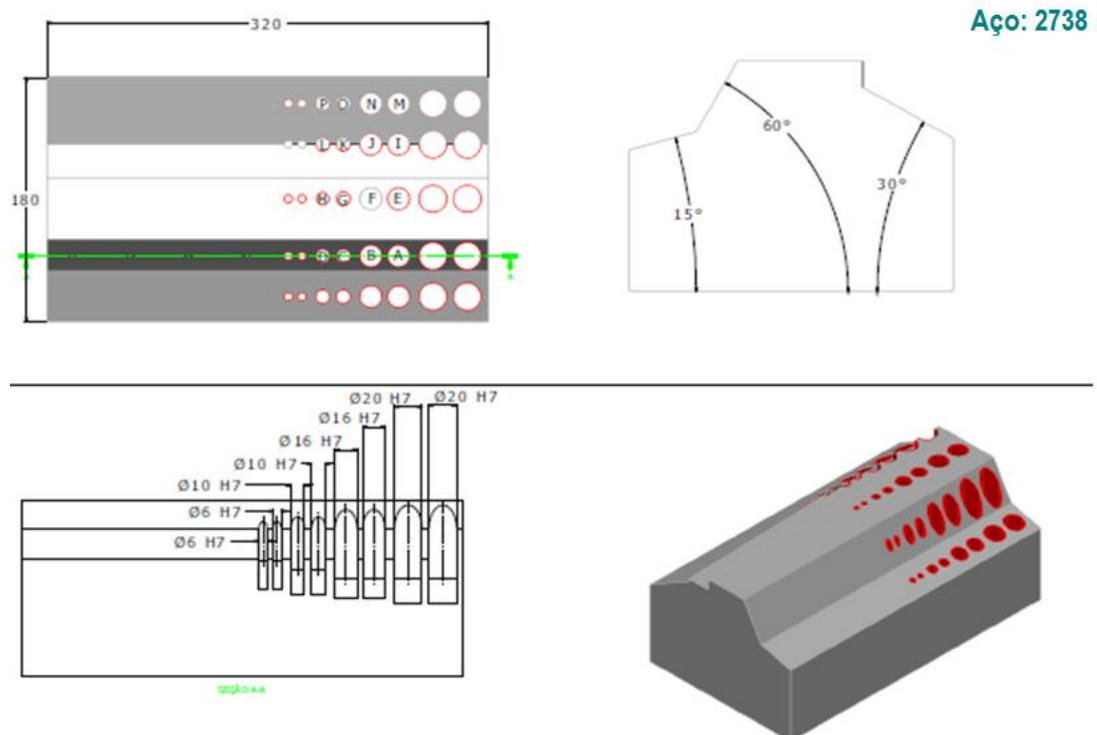
**Figura 83 - Mandris abrasivos Sunnen.**

## b) Teste das soluções propostas

### Solução A

#### Caraterização da Peça

O ensaio foi realizado numa peça modelo, Figura 84, com uma geometria semelhante aos modelos reais, de onde se destaca a inclinação da superfície



**Figura 84 - Placa de teste [Imagem do Autor].**

A Tabela 27, indica as inclinações e diâmetros atribuídos a cada furo da placa.

**Tabela 27 - Características da placa de teste**

Características da Peça		
Furo	Inclinação	Diâmetro
A	15°	16
B		
C		10
D		
E		6
F		
G	60°	16
H		
I		10
J		
K		6
L		
M	0°	16
N		
O		10
P		
Q		6
R		
S	90°	16
T		
U		10
V		
X		6
Y		
Z	30°	16
AA		
AB		10
AC		
AD		6
AE		

### Estratégia de maquinação

A estratégia de maquinação, Tabela 28, foi definida em função das características geométricas da peça, do tipo de máquina e dos requisitos dos furos exigidos (bom acabamento; tolerância H7; furos não ovalizados).

**Tabela 28 - Estratégia de maquinação proposta pela SECO.**

Atual				Solução A - SECO		
	Operação	Estratégia	Ferramenta	Operação	Estratégia	Ferramenta
Furos em superfícies planas	Furar	$\varnothing_{\text{final}} - 0,5\text{mm}$ ou 0,2mm	Broca normal Broca rápida	Furar	$\varnothing_{\text{final}} - 0,2\text{mm}$	Broca rápida c/ r.i.
	Mandrilar	$\varnothing_{\text{final}}$ mm	Mandril HSS Mandril tungstênio s/ r.i. Mandril de pastilha	Mandrilar	$\varnothing_{\text{final}}$ mm	Mandril metal duro c/ r.i.
Furos em superfícies inclinadas	Maquinar patamar	$\varnothing_{\text{final}}$ mm	Fresa MD	Maquinar patamar	$\varnothing_{\text{final}}$ mm	Fresa MD
	Furar	$\varnothing_{\text{final}} - 0,5\text{mm}$ ou 0,2mm	Broca normal Broca rápida	Furar	$\varnothing_{\text{final}} - 0,2\text{mm}$	Broca rápida c/ r.i.
	Mandrilar	$\varnothing_{\text{final}}$ mm	Mandril HSS Mandril tungstênio s/ r.i. Mandril de pastilha	Mandrilar	$\varnothing_{\text{final}}$ mm	Mandril metal duro c/ r.i.

Tecnicamente a SECO considera que para garantir o diâmetro do furo e as tolerâncias exigidas, a estratégia com maior fiabilidade é furar e mandrilar e não furar com brocas H7. Neste último caso, as brocas para garantirem a fiabilidade da operação não podem ter desgaste e, a mesma broca só deve ser utilizada nas mesmas condições, isto é, na mesma máquina, no mesmo material e, número de utilizações.

### Ferramentas e parâmetros de corte teóricos

As características das brocas e mandris utilizados, bem como os parâmetros de corte são definidos pelo fornecedor e encontram-se resumidos na Tabela 29 e 30 respetivamente.

**Tabela 29 - Características das brocas utilizadas.**

<b>BROCAS</b>			
Marca:	Seco	Seco	Seco
Ferramenta:	Feedmax	Feedmax	Feedmax
Diâmetro:	15,8	9,8	5,8
Raio:	-	-	-
Nº de dentes (z):	-	-	-
Pastilha:	-	-	-
Grão:	TiAlN + TiN	TiAlN + TiN	TiAlN + TiN
Nº arestas corte / pastilha	-	-	-
Quebra-apara:	SIM	SIM	SIM
Tolerância do furo	IT 8-9	IT 8-9	IT 8-9
Altura:	[mm] 5xØ	5xØ	7xØ
Cone:	Indutor rotativo	Indutor rotativo	Indutor rotativo
Tipo de refrigeração	ref. Interna	ref. Interna	ref. Interna
Velocidade de corte (Vc)	[m/min] 160- <b>130</b> -60	160- <b>130</b> -60	160- <b>130</b> -60
Avanço (fn)	[mm/rot] 0,28- <b>0,37</b> -0,44	0,21- <b>0,28</b> -0,35	0,13- <b>0,17</b> -0,22

**Tabela 30 - Características dos mandris utilizados.**

<b>Mandris</b>			
Marca:	Seco	Seco	Seco
Ferramenta:	Precimaster	Precimaster	Nanofix
Diâmetro:	16	10	6
Raio:	-	-	-
Nº de dentes (z):	-	-	-
Pastilha:	-	-	-
Grão:	-	-	-
Nº arestas corte / pastilha	6	4	4
Quebra-apara:	-	-	-
Tolerância do furo	H7	H7	H7
Altura:	[mm] 13	9	60
Cone:	haste + indutor	haste + indutor	haste + indutor
Tipo de refrigeração	ref. interna	ref. interna	ref. interna
Velocidade de corte (Vc)	[m/min] 80-120-160	80-120-160	50-80-160
Avanço (fn)	[mm/rot] 0,20- <b>0,30</b> -0,60	0,15- <b>0,20</b> -0,40	0,10- <b>0,15</b> -0,20
Sobrespessura	[mm] 0,10-0,25	0,10-0,20	0,10-0,15

Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes para injeção de termoplásticos.

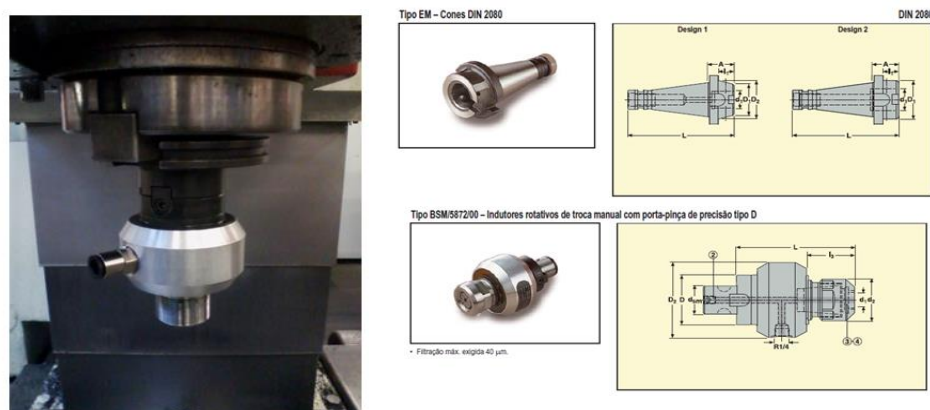
Os valores apresentados nas tabelas anteriores são valores teóricos definidos pelo fornecedor, no entanto, os valores reais utilizados na maquinação dos furos podem ser analisados no Anexo F.

Um dos requisitos para garantir o desempenho deste tipo de ferramentas é a refrigeração interna. Devido às características das máquinas, a pressão exigida para a refrigeração foi garantida com recurso a uma centralina.

Com o objetivo de melhorar a precisão da furação e do mandrilado utilizou-se um sistema de aperto da SECO designado Sistema Modular Graflex.

Este sistema é caracterizado por uma ampla face de contacto que proporciona uma elevada pressão de fixação, aumentada devido ao efeito de auto travamento desta ligação durante a maquinação, garantindo uma maior rigidez.

Este sistema é composto por um cone e um indutor rotativo porta pinças, como é possível ver na Figura 85.



**Figura 85 - Detalhe do sistema de aperto.**

### c) Análise dos resultados













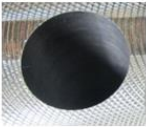
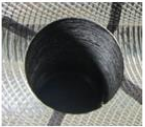
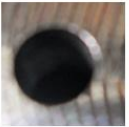
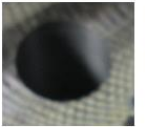










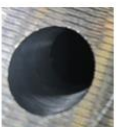
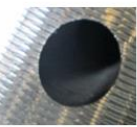


#### Análise das rugosidades obtidas

A avaliação da qualidade do acabamento superficial do furo pode ser quantificada através da medição da rugosidade, Ra.

Os mandris testados garantem uma gama de acabamento superficial Ra entre 0,4 e 0,8  $\mu\text{m}$  para o mandril *precimaster* e no caso do *nanifx* um valor Ra entre 0,8 a 1,2  $\mu\text{m}$ , que se consideram valores de ordem de grandeza bastante boa.

Não é possível quantificar o acabamento superficial de acordo com o Ra, uma vez que a empresa não dispõe de um rugosímetro, pelo que a avaliação tem como base a observação e o toque. Na Tabela 31 são apresentadas imagens que ilustram visualmente o acabamento superficial.

**Tabela 31 - Imagens do acabamento superficial dos furos.**

Inclinação	A	B	C	D	E	F
15°						
Inclinação	G	H	I	J	K	L
60°						
Inclinação	M	N	O	P	Q	R
0°						
Inclinação	S	T	U	V	X	Y
90°						
Inclinação	Z	AA	AB	AC	AD	AE
30°						

Importa destacar que os furos B, H, N, T e AA não foram alvo de análise, devido a um engano que ocorreu na furação com a broca de diâmetro 15,8 mm.

#### Controlo dimensional aos furos

A validação das tolerâncias em relação ao diâmetro e dimensões x e y, foi realizada pelo controlo dimensional dos furos. Na tabela 32 encontram-se resumidos os valores dos diâmetros medidos num ponto superior e num ponto inferior de cada furo. Os valores a verde encontram-se dentro da tolerância e os valores a vermelho encontram-se fora da tolerância admitida.



**Tabela 32 - Resultados do teste à solução A (SECO).**

Furo	Inclinação	Diâmetro	Parâmetros		H7 (µm)	Desvio x:y (mm)	Ponto superior			Ponto Inferior		
			Avanço	Rotação			MS	DV(X)	DV(Y)	MS	DV(X)	DV(Y)
A	15°	16	304	1600	18	-0,15	16,009	-0,014	0,082	16,005	-0,005	0,113
B					0	0,15						
C		10	500	2500	15	-0,15	10,015	-0,038	0,065	10,009	-0,01	0,085
D			300	2500	0	0,15	10,015	-0,039	0,081	10,009	-0,023	0,108
E		6	250	3500	12	-0,15	6,008	-0,041	0,053	6,01	-0,04	0,059
F			428	3500	0	0,15	6,006	-0,052	0,038	6,013	-0,058	0,039
G	60°	16	304	1600	18	-0,15	16,007	-0,031	0,054	16,007	-0,031	0,076
H					0	0,15						
I		10	500	2500	15	-0,15	10,019	-0,041	0,003	10,014	-0,023	0,013
J			300	2500	0	0,15	10,013	-0,027	0,053	10,014	-0,043	0,045
K		6	350	3500	12	-0,15	6,012	-0,071	-0,02	6,021	-0,074	-0,036
L			160	3500	0	0,15	6,011	-0,071	0	6,023	-0,076	-0,003
M	0°	16	304	1600	18	-0,15	16,013	0	-0,001	16,009	0,013	0,039
N					0	0,15						
O		10	500	2500	15	-0,15	10,009	-0,004	0,002	10,01	0,002	0,024
P			300	2500	0	0,15	10,004	-0,027	0,051	10,011	-0,013	0,071
Q		6	250	3500	12	-0,15	6,017	-0,043	0,017	6,007	-0,04	0,007
R			500	3500	0	0,15	6,007	-0,042	-0,008	6,025	-0,051	0,014
S	90°	16	304	1600	18	-0,15	16,018	0,03	0,083	16,014	0,032	0,096
T					0	0,15						
U		10	500	2500	15	-0,15	10,049			10,014		0,202
V			300	2500	0	0,15	10,046	0,053	0,167	10,007	0,066	0,212
X		6	350	3500	12	-0,15	6,047	0,01	0,164	6,087	-0,005	0,167
Y			160	3500	0	0,15	5,942	-0,027	0,195	6,058	0,012	0,148
Z	30°	16	304	1600	18	-0,15	15,992	0,046	0,143	15,998	0,046	0,143
AA					0	0,15						
AB		10	500	2500	15	-0,15	10,008	0,044	0,152	10,011	0,036	0,188
AC			300	2500	0	0,15	10,016	0,039	0,136	10,017	0,043	0,158
AD		6	250	3500	12	-0,15	6,006	0,034	0,173	6,015	0,023	0,191
AE			428	3500	0	0,15	6,005	0,029	0,179	6,001	0,023	0,212

Onde:

MS – Valor medido;

DV(x) – Desvio em x;

DV (y) – Desvio em y.

### Considerações sobre o ensaio

1. Na **avaliação da qualidade superficial** não foi possível quantificar o valor da rugosidade Ra, uma vez que não dispomos do rugosímetro, pelo que a avaliação tem como base a observação e o toque.

Considera-se que a qualidade superficial atingida é bastante aceitável e superior aos níveis atingidos atualmente.

2. O controlo dimensional permitiu **avaliar o cumprimento da tolerância H7:**

2a) Furos ø 16 mm:

Constata-se que os furos com ø 16 mm para qualquer inclinação da superfície estão dentro da tolerância H7, com exceção do furo Z, com inclinação de 30° que apresenta uma medida inferior, sendo esta uma medida favorável e corrigível, implicaria uma nova passagem do mandril, logo um aumento do tempo de maquinação.

Importa destacar que as ferramentas utilizadas para a maquinação dos furos ø 16 mm, broca e mandril, foi garantida a sua verticalidade, isto é, foi possível corrigir as diferenças registadas ao comparar a ferramenta, como é possível constatar na tabela com os dados de maquinação, Anexo F.

2b) Furos  $\varnothing$  10 mm:

Os furos com  $\varnothing$  10 mm em superfícies com inclinação  $0^\circ$  e  $15^\circ$  estão dentro da tolerância, por sua vez em superfícies com inclinação de  $60^\circ$ , inclinação mais crítica, o furo I e AC apresentam desvios da ordem de grandeza 0,004 mm e 0,001 mm respetivamente em relação ao desvio admitido pela tolerância H7. Por sua vez na superfície com inclinação de  $90^\circ$ , os furos U e V apresentam no ponto superior um desvio da ordem de grandeza de 0,049 mm e no ponto inferior apresentam valores dentro da gama admitida.

Os desvios registados podem estar associados à diferença registada na verticalidade da ferramenta, com um desvio de 0,02 mm na broca, de acordo com o quadro resumo dos dados de maquinação, Anexo F, bem como à excentricidade da máquina que é mais evidente nas zonas com maior inclinação em que a ferramenta não está totalmente guiada na parte superior do furo.

2c) Furos  $\varnothing$  6 mm:

Os pontos controlados nos furos com  $\varnothing$  6 mm em superfícies com inclinações  $15^\circ$ ,  $0^\circ$  e  $60^\circ$  encontram-se na sua maioria dentro da tolerância H7, com exceção dos furos F, K, L, Q e R que excedem a tolerância em 0,001 a 0,009 mm.

Nas superfícies com inclinações de  $90^\circ$  foi onde se registaram maiores desvios em relação ao diâmetro nominal, como é possível verificar pelas áreas assinadas a vermelho na tabela de controlo dimensional. Estes desvios podem estar associados à não garantia da verticalidade da ferramenta, com a broca o desvio foi de 0,02 mm e no mandril o desvio verificado foi de 0,01 mm, associado à excentricidade da máquina, à maior flexibilidade das ferramentas com menor diâmetro e à falta de apoio da ferramenta na parte inicial da furação.

3. **Garantia da verticalidade do furo:**

A verticalidade dos furos pode ser medida através da avaliação dos desvios nas direções x e y, nos pontos superior e inferior.

Na Tabela 32 registam-se desvios da ordem de grandeza de 0,1 a 0,2 mm em relação ao modelo, pelo que nem todos os furos cumprem as exigências da tolerância admitida para zonas técnicas de  $\pm 0,15$  mm (referência da especificação técnica de alguns clientes), registando-se desvios mais significativos nos furos de maiores diâmetros e nas superfícies com inclinação de  $90^\circ$ .

Contudo estes resultados não são evidência de problemas associados à verticalidade do furo, mas sim evidência de desvios na direção x e y em relação ao modelo.

A verticalidade do furo é pois, avaliada pelos desvios registados em determinada direção do ponto superior em relação ao ponto inferior. Constata-se que o desvio em y se regista em todos os furos para y+ o que nos permite concluir que a causa não está associada a um desvio do mandril durante a operação de mandrilagem, mas sim a fatores externos, como por exemplo mau apoio da peça na mesa da máquina e o facto de não ter sido garantida a verticalidade do mandril (diferenças registadas na comparação da ferramenta).

É evidente que a ordem de grandeza das diferenças registadas é maior nos furos com inclinação de  $90^\circ$ , no que se deve ao facto do mandril na zona inicial do furo (meia cana) ser guiado apenas por um lado, provocando desvios do mandril.



## Problemas com mandrilados vs relatórios de ensaio

Nos moldes tipicamente com extratores na sua concepção, são identificados nos relatórios de ensaios problemas associados aos mandrilados.

Eliminar os problemas associados aos mandrilados não é garantia da redução do número de ensaios, mas representa uma diminuição global do número de pontos identificados nos relatórios de ensaio.

Com base em informações cedidas pela empresa, a percentagem (peso específico) de problemas com mandrilados nos relatórios de ensaio é 4%, isto é, em média um molde tem 2.4 problemas. O ganho potencial pode ser apurado tendo em conta esta percentagem em função da duração dos ensaios (admitindo que a durabilidade das ferramentas é igual à atual).

Importa destacar que em geral os moldes tipo da MDA não têm na sua concepção extratores tubulares e de peça, por esse facto, os dados fornecidos pela empresa tem como base apenas os moldes de painéis de porta e tabliers da MDA. Contudo acredita-se que em outras empresas, como a IMA, estes problemas são mais relevantes e esta percentagem pode ser mais expressiva, pois os moldes apresentam mais extratores na sua concepção.

## Análise do investimento (ROI)

O cálculo do retorno do investimento foi realizado com base nos ganhos quantitativos apurados, Tabela 33.

**Tabela 33 – Análise financeira**

Análise Financeira do Actual			Análise Financeira do Futuro		
		Preço unitário			Preço unitário
Custo com ferramentas			Custo do investim ento		
	Preço mandril HSS	14,62 €		Preço mandril Ø 6	73,35 €
Mandris + utilizados para extractores	Preço mandril HSS	21,70 €		Preço suporte mandril Ø 6	181,50 €
	Preço mandril HSS	38,35 €		Preço mandril Ø 10	120,75 €
	Preço mandril tungsténio Ø 6,0	46,30 €		Preço suporte mandril Ø 10	223,50 €
	Preço mandril tungsténio Ø 10,0	73,10 €		Preço mandril Ø 16	126,75 €
	Preço mandril tungsténio Ø 16,0	117,00 €		Preço suporte mandril Ø 16	228,00 €
				<b>Total</b>	<b>953,85 €</b>

**Tabela 34 - Retorno do investimento ROI**

Custos		Ganhos	
Custo do retrabalho		Custo do retrabalho	
Nº médio de problemas mandrilado / molde	2,4		
Custo médio por correcção (situação + favorável)	600 €	Custo médio por correcção (situação + favorável)	600 €
Custo médio por correcção (situação + desfavorável)	1.175 €	Custo médio por correcção (situação + desfavorável)	1.175 €
Duração retrabalho / Nº horas de intervenção após ensaio		Duração retrabalho / Nº horas de intervenção após ensaio	
Duração média da operação (situação + favorável)	15 horas	Duração média da operação (situação + favorável)	15 horas
Duração média da operação (situação + desfavorável)	22horas	Duração média da operação (situação + desfavorável)	22horas
ROI (situação + favorável)		1,6	moldes com problemas
ROI (situação + desfavorável)		0,8	moldes com problemas

### 5.2.3 Afinar Veios

Como se viu no capítulo anterior, o método utilizado atualmente para medir o comprimento dos veios é pouco rigoroso e extremamente iterativo. Nesse sentido, para poder melhorar o método, procurou-se um dispositivo que fosse capaz de medir o comprimento do veio de uma só vez.

Assim sendo, para poder atuar no sentido de reduzir a iteratividade desta operação e melhorar o rigor e precisão das medições efetuadas, procedeu-se da seguinte forma:

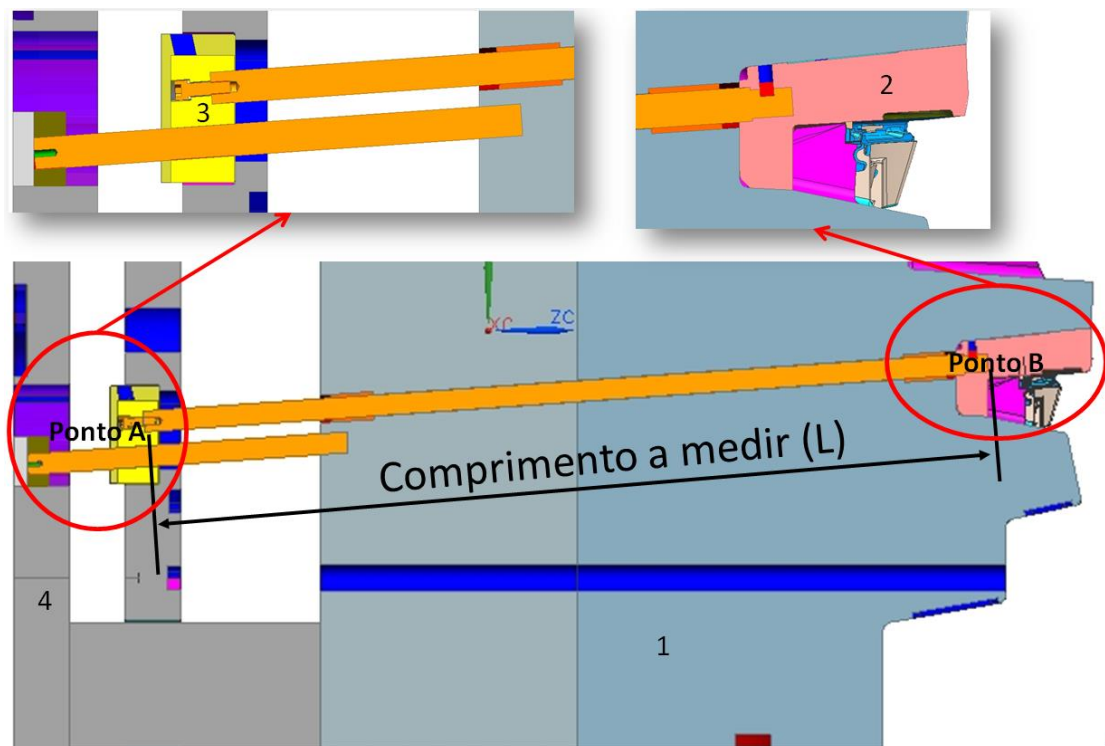
- a) O que se pretende medir;
- b) Gama de medições pretendidas;
- c) Limitações e Requisitos;
- d) Soluções propostas;
- e) Teste aos equipamentos;
- f) Análise económica.

Importa referir que cada medição tem as suas características particulares, não existindo uma padronização das dimensões do veio, dificultando assim a procura de um dispositivo que seja compatível com todas as medições. Assim sendo, procurou-se encontrar uma ou mais alternativas, que resolvam a maior parte dos casos.

#### a) O que se pretende medir

Em contacto com a bancada e com a direção da produção definiu-se o que se pretendia medir e, qual seria a forma ideal de o fazer.

Como se pode ver na Figura 88, o comprimento que se pretende medir (L), é a distância entre o Ponto A e o Ponto B.



**Figura 88 - Exemplo de comprimento a medir [Imagem do Autor]**

Legenda da imagem:

Ponto A – Alojamento do veio no movimento;

Ponto B – Alojamento do veio no carrinho;

1 – Levantador;

2 – Movimento mecânico;

3 – Carrinho;

4 – Placa de encosto;

No que diz respeito à medição dos comprimentos, os movimentos mecânicos são os que poderão causar maior dificuldade pela inclinação do veio, como tal, acredita-se que se conseguir encontrar uma solução para medir o comprimento dos veios dos movimentos esta será compatível com os veios dos levantadores.

Assim, para que esta tarefa seja o mais simples possível, pretende-se:

- O movimento mecânico seja fixado ao levantador sem o veio acoplado, deixando o espaço confinado ao veio vazio;
- Que a medição seja feita pela retaguarda do molde (placa de encosto);
- Que se obtenha o comprimento (L) com uma única medição sem que o movimento mecânico tenha que ser removido para tal.

#### b) Gama de medições pretendidas

Como já foi dito, as dimensões dos veios não são padronizadas, assim, definiu-se um comprimento máximo ( $L_{\max}$ ), que será o maior comprimento que se pretende medir com o dispositivo.

Desta forma definiu-se:

$$L_{\max} = 1800,00 \text{ mm}$$

#### c) Limitações e requisitos

Como se pretende que desde o momento em que o movimento esteja fixo ao levantador não se volte a retirar até que o comprimento do veio esteja definido para se poderem montar ambos numa única operação, a medição terá que ser feita pela retaguarda do molde. Isto é, a medição será feita através da placa de encosto, sendo o único acesso ao interior do espaço confinado para o veio a partir do alojamento do veio no carrinho (Ponto A), Figura 89.

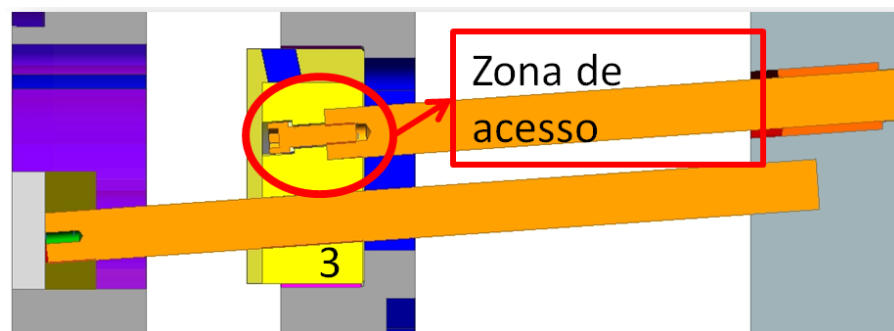
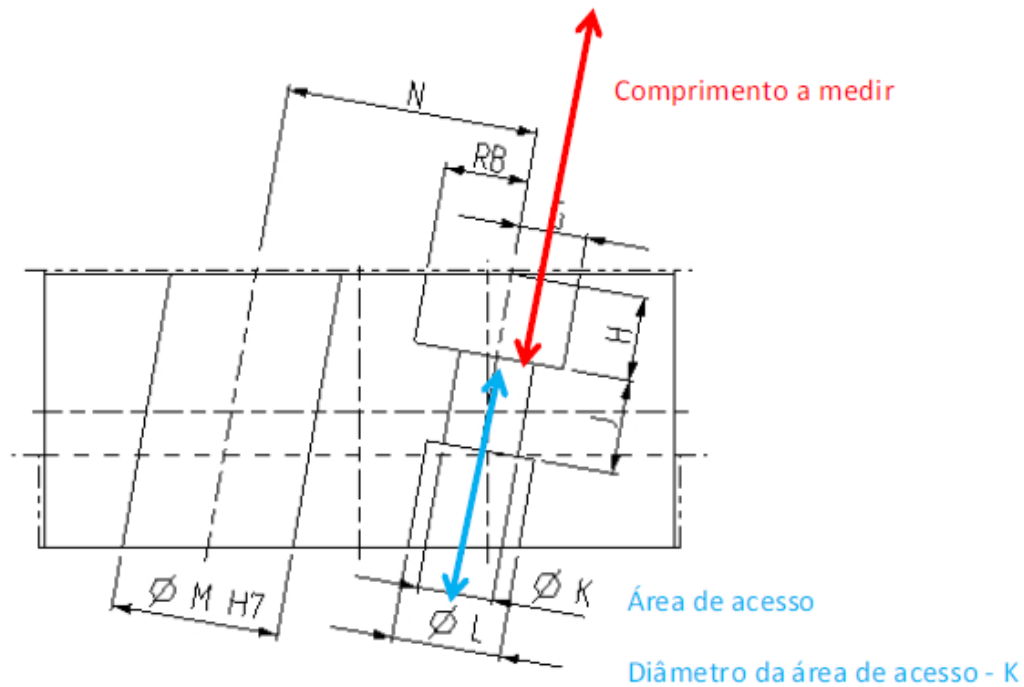


Figura 89 - Pormenor do Ponto A.

Como se pode ver pela Figura 89, a zona de acesso pela retaguarda será pelo furo para o parafuso que fixa o veio ao carrinho. Desta forma, definiu-se também um diâmetro mínimo que limita as dimensões que o dispositivo terá que ter. Neste caso, o diâmetro do furo para o parafuso segue um padrão.

Para tal, consultou-se o caderno técnico do Grupo [14], donde se retiraram as especificações do Ponto A. Na Figura 90, pode ver-se um desenho de detalhe do Ponto A e, na Figura 91 as dimensões associadas ao mesmo.



**Figura 90 - Desenho de detalhe do aperto do veio ao carrinho [14].**

Ø Veio	ØK	ØL	ØM	N	RA	RB
12	7	11	12	25	2,5	6,05
16	9	14	16	30	3	8,05
20	11	18	20	35	4	10,05
25	14	20	25	40	5	12,55
30	14	20	30	45	5	15,05
40	18	26	40	60	7,5	20,05
50	18	26	50	70	8	25,05

**Figura 91 - Dimensões do Ponto A [14].**

Da figura anterior podemos retirar que o menor diâmetro ( $\phi_{\min}$ ) de acesso será então:

$$\phi_{\min} = 7 \text{ mm}$$

A precisão dimensional é um ponto crucial em todos os componentes do molde, como tal, o dispositivo terá que fornecer as medições com uma precisão muito elevada. Assim, definiu-se que o aparelho de medição terá que fornecer os dados com a seguinte tolerância (t):

$$t = \pm 0.01 \text{ mm}$$

Posto isto, definiram-se então os requisitos mais importantes que o dispositivo terá que possuir para que a sua utilização seja possível:

- $L_{\max} = 1800.00 \text{ mm}$
- $\phi_{\min} = 7.00 \text{ mm}$
- $t = \pm 0.01 \text{ mm}$

#### d) Soluções Propostas

Neste ponto, o objetivo passou por encontrar soluções existentes no mercado que permitissem satisfazer os requisitos apresentados anteriormente.

Desta forma, procuraram-se soluções dentro de duas gamas de produtos:

- Sensores de medição laser (I);
- Medidores de deslocamento linear (LVDT) (II).



I



II

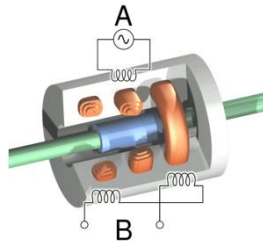
**Figura 92 - Exemplo de um sensor Laser e de um LVDT.**

Após se consultarem várias marcas de equipamentos de medição laser como o da Figura 92 (I), percebeu-se que esta não seria uma hipótese viável, pelas dimensões e porque os equipamentos não efetuam medições com a tolerância pretendida.

Desta forma, a busca por uma solução centrou-se nos sensores de deslocamento linear (LVDT).



De uma forma muito resumida, estes aparelhos possuem um núcleo ferromagnético e um conjunto de 3 bobinas em volta do mesmo. O núcleo tem a liberdade de, quando solicitado, se deslocar linearmente dentro das bobinas. A bobina central é designada como bobina primária, e as restantes como secundárias. A Figura 93, mostra um exemplo do interior de um LVDT [15].



**Figura 93 - Interior de um LVDT [15].**

O deslocamento do núcleo provocará uma variação entre as tensões nas bobinas, sendo a amplitude entre estas proporcional à distância movida pelo mesmo [15].

Importa ainda dizer, que pelo campo magnético criado em volta do núcleo pelas bobinas, este move-se praticamente sem atrito, conferindo uma alta confiabilidade ao dispositivo [15].

Tendo em conta estas características, procurou-se encontrar algumas soluções que pudessem melhorar a forma de medir o comprimento dos veios. Desta pesquisa surgiram algumas empresas, tendo-se destacado a *GEFRAN*, Figura 94.



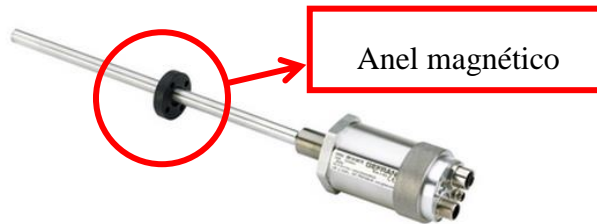
**Figura 94 - Logótipo e alguns produtos da GEFRAN.**

A *GEFRAN* possui uma vasta gama de sensores de medição, para as mais diversas aplicações e solicitações do mercado. Como tal, contactou-se a empresa com o intuito de expor a situação e, perceber quais as soluções que esta teria para o problema apresentado.

Agendou-se uma visita da *GEFRAN* à MDA, onde se debateram as ideias e donde resultaram as duas propostas que se apresentam de seguida.

### Solução A

A primeira solução apresentada foi um transdutor de posição linear, magnetoestrutivo, sem contacto, como o que se apresenta na Figura 95 e 96.



**Figura 95 - Transdutor de posição linear magnetoestrutivo.**

### Transdutor de posição linear, magnetoestrutivo, sem contato IK4A (com tecnologia ONDA) (saída...



- Tecnologia ONDA
- Estrutura mecânica otimizada
- Cursos de 50 a 4000 mm
- Ampla gama de conectores para conexão elétrica
- Flange de haste, bico ou hexagonal AISI 316
- Temperatura de operação: -30°...+75°C
- Resistência a vibrações (DIN IEC68T2/6 12g)
- Fonte de alimentação de 24Vdc ± 20%
- Proteção IP67

Certificações  
Sensor CE Conformity Declaration, RoHS

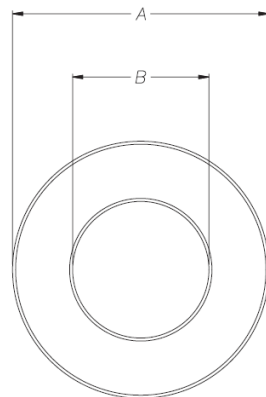
**Figura 96 - Detalhes técnicos do transdutor de posição linear.**

Como podemos ver da figura anterior, este transdutor permite efetuar medições até 4000 mm, bastante acima do limite máximo que se estabeleceu (1800 mm).

O anel magnético que se pode ver na Figura 95, desliza sobre o veio onde está inserido provocando uma alteração no campo magnético dando a indicação da sua posição.

Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes para injeção de termoplásticos.

No entanto, as dimensões do anel em questão estão fora da gama pretendida como se pode ver na Figura 97, retirada do da página da GEFTRAN.



### PCUR024

#### DIMENSIONS

Diameter A = 25.4 mm  
Diameter B = 13.5 mm  
Thickness = 7.9 mm

#### MATERIAL

Aluminum

**Figura 97 - Detalho técnico do anel do transdutor IK.**

Como se pode ver, o diâmetro exterior do anel é 22,4 mm, quando o pretendido seria 7mm. Assim sendo, será uma hipótese a não considerar.

### Solução B

A segunda proposta apresentada pela *GEFRAN* é um LVDT. Como se pode ver na Figura 98, também neste caso o curso está dentro dos limites definidos pela MDA.

Neste caso o transdutor está acoplado a uma calha em alumínio e desliza sobre esta, pelo que terá que se introduzir um veio na ponta do transdutor que dará a profundidade pretendida para a medição.

### PK Transdutor de deslocamento Linear



Certificações  
Sensor CE Conformity Declaration, ATEX - CE, RoHS

- Curso de 100 a 2000mm
- Acoplamento mecânico por meio de juntas de absorvem o jogo, roscas M5
- Linearidade independente de até  $\pm 0,05\%$
- Repetibilidade de 0,01 mm
- Resolução infinita
- Sem variação do sinal elétrico fora da excursão elétrica teórica
- Velocidade de deslocamento de até: 4 m/s na versão PK L e 10 m/s na versão PK H
- Temperatura de operação:  $-30$  a  $+100^{\circ}\text{C}$
- Conexões elétricas: conector PK M de 4 pólos conforme Norma DIN43850 ISO4400, conector PK B de 5 pólos (DIN43322)
- Expectativa de vida:  $> 25 \times 10^6$  metros, ou  $> 100 \times 10^6$  operações, prevalecendo o menor (dentro da C.E.U.)
- Classe de proteção: IP40

**Figura 98 - Transdutor de deslocamento linear Pk .**

No entanto, levantaram-se dois problemas relativamente a este transdutor, são eles:

- Garantir a verticalidade do veio do transdutor dentro do furo a medir;
- Determinar a cota  $X_0$  referente à cota do ponto A.

Ainda assim, solicitou-se um teste a este equipamento à empresa, com o objetivo de numa situação prática tentar encontrar-se uma solução para estes problemas.

#### e) Teste aos equipamentos

Durante o período do estágio não foi possível realizar o teste. Isto porque a sua realização implicou a aprovação do mesmo pela sede da GEFRAN, tendo ficado agendado para o início de fevereiro.

#### f) Análise económica

Como não foi possível realizar o teste, não é possível calcular o retorno do investimento. No entanto, apresenta-se uma estimativa para os ganhos que se podem obter com a alteração deste processo.

Assim sendo, estima-se que do tempo total que esta tarefa demora a ser executada atualmente, 40% deste seja para maquinação dos veios no torno e os restantes 60% serão respetivos as iterações necessárias até obter o comprimento do veio.

Acredita-se, que se este processo resultar, a iteratividade da operação será anulada, isto porque o objetivo é obter uma medição “à primeira tentativa”.

Desta forma tem-se (Tabela 35) os pesos associados as duas principais atividades da operação de afinar veios.

**Tabela 35 - Peso das principais atividades na afinação de veios.**

	<b>Tempo Total (h)</b>	<b>Medição do comprimento do Veio (h)</b>	<b>Maquinação do veio (h)</b>
Atual	1 890	1 134	756
Peso %		60%	40%

Se com esta alteração se conseguir reduzir o peso da medição do comprimento dos veios em 40%, isto é, se se conseguisse reduzir em 40 % as 1 134 horas utilizadas atualmente, esta redução representaria o ganho que se conseguiria obter com a alteração do processo.

Assim, na Tabela 36, pode ver-se os ganhos esperados com a redução de 40% mencionada anteriormente.

**Tabela 36 - Ganho esperado.**

	<b>Tempo Atual (h)</b>	<b>Redução esperada %</b>	<b>Tempo Futuro (h)</b>	<b>Ganho (h)</b>	<b>Ganho (€)</b>
Medição do comprimento do Veio	1 134	40%	681	<b>453</b>	<b>6795<sup>9</sup></b>
Maquinar veios	756	0%	756		
		$\Sigma$	1 437		

Desta forma, entende-se que a continuidade da análise deste processo será vantajosa para a empresa, pela simplificação da operação e pelos ganhos esperados com esta alteração.

#### **5.2.4 Verificações**

A verificação das fugas e dos caudais é, atualmente, feita de forma separada. Isto porque a bomba de água que a bancada possui não tem incorporado um caudalímetro. Assim, sempre que é necessário medir um caudal, tem que se deslocar o molde ou o componente para o setor da fábrica onde este está instalado.

- a) Análise das implicações do método atual no processo;
- b) Soluções propostas;
- c) Análise económica.

##### **a) Análise das implicações do método atual no processo**

Na maior parte das vezes que é preciso medir um caudal, é necessário recorrer à ponte para transportar o componente, pelas cargas associadas ao mesmo. Por este mesmo fator, a utilização das pontes pela empresa é muito intensiva, dado que são necessárias para quase todas as tarefas. Sempre que é necessário medir um caudal, os operadores têm que requisitar a ponte e, aguardar pela sua vez.

É importante também referir o risco associado ao transporte do molde ou componente até ao setor onde está instalado o caudalímetro.

<sup>9</sup> Valores obtidos com base nos custos de mão-de-obra já referidos (15€/h)

Outro ponto importante é a precisão das medições efetuadas, uma vez que o caudalímetro existente na empresa fornece os resultados através de uma bolha de ar que indica o caudal, como se pode ver na Figura 99.



**Figura 99 - Caudalímetro**

#### **b) Soluções Propostas**

Associada à metodologia atual está uma repetição de tarefas, visto que na altura em que se efetuam os testes das fugas e, caso a bomba da água da bancada tivesse instalado um caudalímetro, esta operação poderia fazer-se em simultâneo. Evitando-se assim:

- Tempos de espera da ponte;
- Riscos no transporte dos componentes;
- Má qualidade das medições;
- Repetição das tarefas.

Assim sendo, propõe-se a introdução de um **caudalímetro digital**, Figura 100, de pequenas dimensões na bomba da água utilizada na bancada para testar fugas. Estes aparelhos são de fácil utilização e, extremamente manuseáveis pelo seu peso e dimensões reduzidos<sup>10</sup>.



**Figura 100 - Caudalímetro digital proposto.**

---

<sup>10</sup> Anexo B – Características do caudalímetro

### Gama de medições:

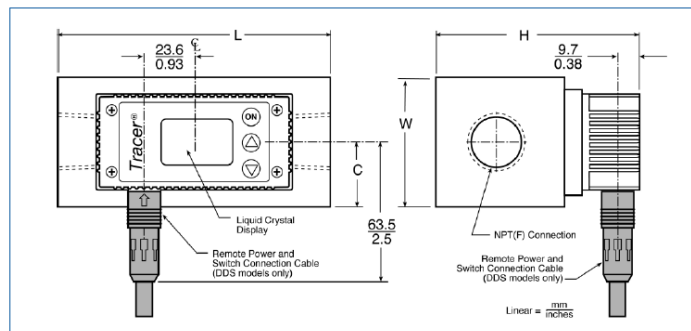
Para um pedido de orçamento, foi necessário estabelecer-se a gama de caudais em que se utilizará o equipamento. Pelas observações efetuadas e pelas informações fornecidas pelos responsáveis pelas verificações, definiu-se que a gama se situará entre os 0 e os 30 l/min.

Como se pode ver na Figura 101, existem várias gamas de caudalímetros, mas o pedido de orçamento fez-se com base nos limites acima referidos.

Model Numbers and Dimensions							
Display Tracer	Switching Tracer	Connection Size	Flow Range	Max Dimensions (mm/in)			
				L	H	W	C
DD-3B	DDS-3B	3/8" NPT(F)	0 - 8 gpm    0 - 30 lpm	87/3.42	58/2.27	42/1.67	21/0.83
DD-3B-B	DDS-3B-B	3/8" BSPP(F)					
DD-3E		3/8" quick connect					
DD-6B	DDS-6B	3/4" NPT(F)	2 - 20 gpm    8 - 76 lpm	121/4.75	94/3.70	57/2.25	29/1.13
DD-6B-B	DDS-6B-B	3/4" BSPP(F)					
DD-8B	DDS-8B	1" NPT(F)					
DD-8B-B	DDS-8B-B	1" BSPP(F)	3 - 30 gpm    11 - 114 lpm				
DD-12B	DDS-12B	1-1/2" NPT(F)					
DD-12B-B	DDS-12B-B	1-1/2" BSPP(F)					
DD-16B	DDS-16B	2" NPT(F)	10 - 110 gpm    38 - 418 lpm	140/5.50	118/4.65	76/3.00	38/1.50
DD-16B-B	DDS-16B-B	2" BSPP(F)					

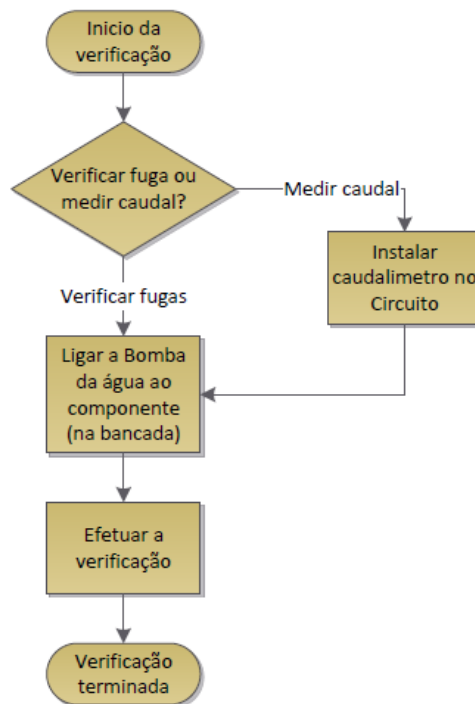
**Figura 101 - Gamas dos caudalímetros para orçamentação.**

Da Figura 102, pode-se também retirar as dimensões do aparelho em questão e, como se pode constatar, são bastante reduzidas. A Figura 105, auxiliará à interpretação da localização destas medidas.



**Figura 102 - Dimensões gerais do caudalímetro.**

Desta forma, o diagrama de fluxos desta tarefa passaria a ser semelhante o que se apresenta na Figura 103.



**Figura 103 - Fluxograma da verificação de fugas e caudais.**

Esta proposta terá custos associados à aquisição dos caudalímetros, como tal, pediu-se um orçamento<sup>11</sup> para o equipamento em questão, onde os valores se podem ver na Figura 104.

Pos.	Ref.	Descrição	Quant.	UNI.	Preço/uni (€)	Desc. (%)	Preço Líquido (€)
Opção A							
1.1.	DD3B	Medidor de Fluxo digital 3/8" NPT (pag. 414) Prazo de entrega: ± 3 semanas	1,00	Un	535,70€		535,70€
Opção B							
1.2.	DD3E	Medidor de Fluxo digital de engate rápido de 3/8" (pag 414) Prazo de entrega: ± 3 semanas	1,00	Un	535,70€		535,70€
Opção C							
1.3.	DDS3B	Medidor de Fluxo digital 3/8" com recolha de dados Prazo de entrega: ±5 dias	1,00	Un	494,00€		494,00€
Total:							0,00€
Descontos:							0,00€
Total Líquido:							0,00€

- IVA à taxa em vigor: Não incluído
- Transporte: Não incluído

2. *Condições de Pagamento*  
P.P

3. *Validade da proposta*  
A validade é de 30 dias.

4. *Prazo de Entrega*  
3 Semanas após adjudicação

**Figura 104 - Excreto do orçamento dos caudalímetros.**

<sup>11</sup> Anexo C – Orçamento dos caudalímetros.



### c) Análise económica

A análise económica apresenta-se na Tabela 37 e 38.

**Tabela 37 - Comparação entre o processo atual e o futuro.**

	Atual	Futuro
Nº Moldes/ ano		63
Nº medições/molde		2
Medições/ano		126
Tempo de Verificação das fugas (h)	3.0	3
Tempo de medição dos caudais (h)	2.5	
Tempo de espera pela ponte (h)	1.5	0
Tempo Total(h)/ano	882	378
€/h de trabalho (serralheiro de bancada)		15
€/ano	13 230	5670
Ganho (h/ano)		<b>504</b>
Ganho (€/ano)		<b>7 560</b>

**Tabela 38 - ROI.**

Retorno do investimento (meses)					
Opção	Custo/ unidade	Unidades	Custo total	Ganho com a mudança de processo (€)	ROI (meses)
DD3B	535,70	4,00	2 142,80	7 560,00	3.40
DD3E	535,70	4,00	2 142,80		3.40
DDS3B	494,00	4,00	1 976,00		3.14

Como se pode ver na tabela anterior, o investimento em 4 caudalímetros, 2 para cada unidade da MDA, paga-se em aproximadamente 3.5 meses. Contudo, para além dos ganhos económicos importa salientar que estes aparelhos permitirão medidas com maior rigor, evitarão perigos associados ao transporte do molde até a zona onde atualmente está instalado o caudalímetro e libertará a ponte.

### 5.3 Análise dos Recursos da MDA

No ponto 5.2.1, apresentou-se uma proposta que passa por converter atividades internas da bancada em atividades externas atribuídas a outros setores. Estas atividades são: roscar furos e escarear furos.

Assim sendo, é necessário encontrar a montante da bancada um ou vários setores que tenham disponibilidade para integrar estas atividades. Na tabela 39 apresentam-se as operações que se pretende realizar a montante da bancada e qual o tempo que estas ocuparão ao setor.

**Tabela 39 - Tempo necessário**

<b>Operação</b>	<b>Tempo de execução (h/ano)</b>
Escarear furos	116 <sup>12</sup>
Afinar Roscas	116
$\Sigma$	232

Como se pode ver da tabela anterior, é necessário encontrar um setor com 232.22 horas disponíveis por ano.

Com o objetivo de identificar recursos humanos disponíveis noutros setores em primeiro lugar observaram-se os vários setores a montante da bancada, onde se verificou a possibilidade da mesma existir no setor de maquinação de alta velocidade. Neste setor encontram-se centros de maquinação (MECOF), muito automatizados, sendo utilizados para acabamento das cavidades, machos e levantadores, pelo que os programas têm grande duração e não necessitam da intervenção do operador na maior parte dos casos.

Como tal, durante alguns dias, acompanhou-se o funcionamento destas máquinas registando todas as atividades em execução e a duração dos programas, para poder perceber qual a percentagem de tempo em que os operadores não intervêm no processo.

Os dados recolhidos podem ser consultados no Anexo F, donde se retiraram as informações necessárias para os valores que se apresentam em seguida. Importa referir para a análise destes dados, que quando o estado da máquina é definido como ON, significa que a máquina está a executar algum programa logo o operador não intervém dado que este se executa de forma automática, ou seja, representa o tempo em que o operador está livre, por outro lado, quando o estado da máquina é definido como OFF, representa os momentos em que a máquina não está a trabalhar, ou seja, representa os momentos em que é necessária a intervenção do operador, quer seja para manutenção da máquina, para alteração do programa, mudança das ferramentas, entre outras, o que leva a que o operador esteja ocupado. Assim sendo, o estado da máquina indica se o operador está ocupado ou disponível:

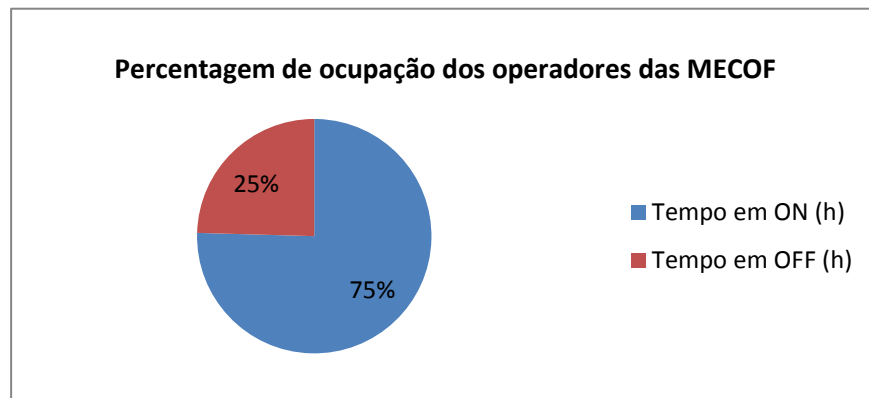
- Estado da máquina ON – operador livre;
- Estado da máquina OFF – operador ocupado.

<sup>12</sup> Admite-se que no máximo se demore tanto tempo a escarear furos como a roscar.

Desta recolha de dados, surgem os seguintes resultados, Tabela 40:

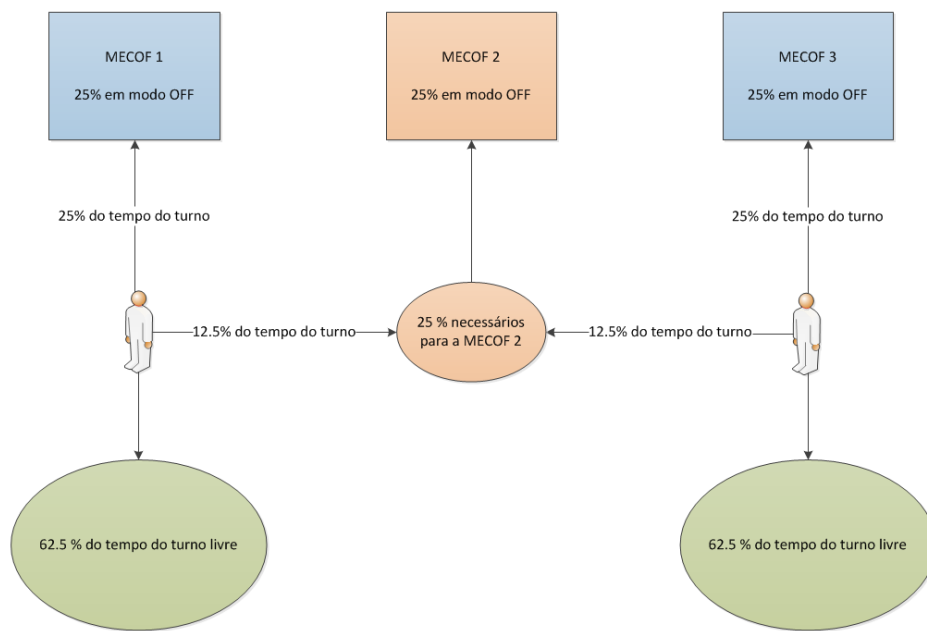
**Tabela 40 - Resumo dos dados recolhidos da MECOF**

	Tempo Total (h)	Tempo em ON (h)	Tempo em OFF (h)
Tempo MECOF (h)	228:40:00	172:14:00	56:02:00
Percentagem (%)		75,37	24,53

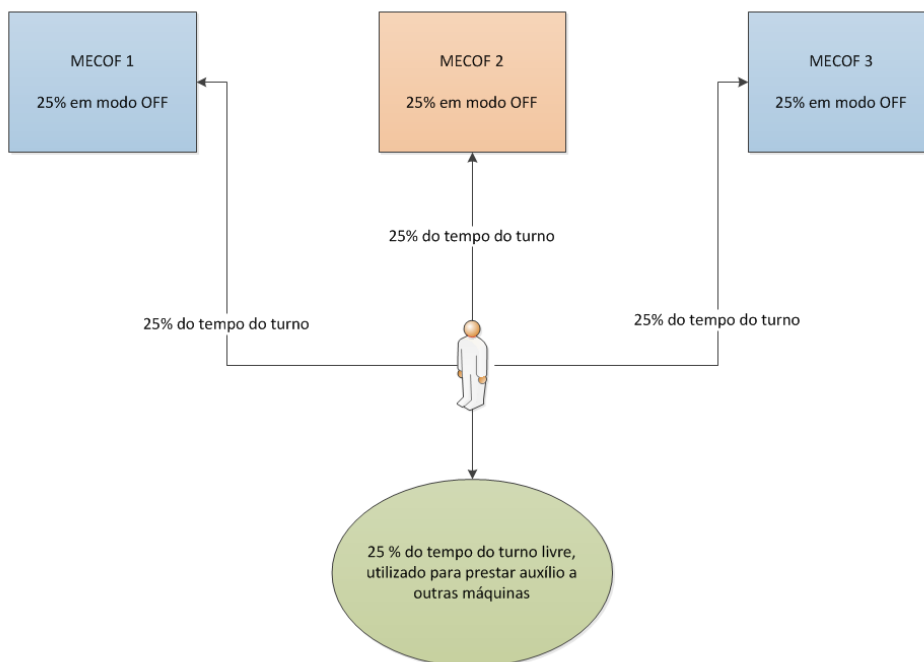


**Figura 105 - Gráfico que representa as percentagens de ocupação dos operadores da MECOF.**

Importa referir que os dados foram recolhidos para uma máquina MECOF e, que a análise se fez na MDA1, onde existem 3 MECOF, que trabalham em 3 turnos, 2 deles com 2 operadores e, o noturno com um só operador. As imagens seguintes representam a distribuição dos operadores pelas MECOF, para um turno de dois operadores e para um turno de um operador, bem como a percentagem de tempo livre efetivo, Figura 106 e 107 respetivamente.



**Figura 106 - Distribuição dos operadores num turno com 2 elementos.**



**Figura 107 - Distribuição dos operadores num turno com 1 elemento.**

Desta forma, apenas se considerará o turno com duas pessoas para verificar a disponibilidade para realizar outras tarefas. A disponibilidade deste setor para executar outras tarefas apresenta-se na Tabela 41.

**Tabela 41 - Disponibilidade do setor das MECOF.**

Horário do turno	Nº de operadores	Nº de horas úteis	Nº total de horas úteis	% de tempo livre	Tempo livre por turno (h)	Tempo livre por ano (h)
06:00 - 14:30	2	8	16,00	62,50%	10	2400,00
14:30 - 23:00	2	8	16,00	62,50%	10	2400,00
22:30 - 06:00	1	7,5	7,50	0,00%	0	0,00
$\Sigma$						4800,00

Como se pode ver na tabela anterior, este setor tem um elevado número de horas livres, 4800 horas por ano, bem mais que o necessário para realizar as operações propostas anteriormente ficando ainda com disponibilidade para outras atividades que possam surgir no futuro.

Assim, propõe-se que este setor passe a desempenhar, para além das funções que lhe são naturalmente destinadas, as operações de:

- Escarear Furos;
- Roscar Furos.

#### 5.4 Estado global

Na Tabela 42 pode ver-se uma comparação entre o estado atual e os resultados que se podem obter com as alterações propostas.

**Tabela 42 - Resumo das propostas apresentadas.**

	Ligações Roscadas	Mandrilar Furos	Afinar veios	Verificar fugas	$\Sigma$
Tempo Atual (h)	1234,87	Não quantificável (N.Q.)	1 890,00	882,00	<b>4 006,87</b>
Tempo Futuro (h/ano)	116,11		1 437,00 <sup>13</sup>	378,00	<b>1 926.11</b>
Investimento (€)	666,00		N.Q.	2142,80	2808,80
<b>Ganho para a bancada (h/ano)</b>	1234,87		453,00 <sup>14</sup>	504,00	<b>2 191.87</b>
Ganho (€/ano)	21 165,20		6 795,00	7 560,00	<b>35 520,20</b>
ROI (meses)	0,38		N.Q.	3,40	3,78

Como se pode ver na tabela anterior, com as propostas apresentadas consegue-se:

- 2 191,87 horas recuperadas no setor das bancadas (8 bancadas);
- 35 520,20 euros recuperados para o Grupo;
- Converter atividades internas da bancada em atividades externas realizadas noutros setores;
- Aproveitar os recursos disponíveis na empresa.

<sup>13</sup> Valor obtido admitindo que o novo processo reduz o tempo de medição do comprimento do veio em 40%.

<sup>14</sup> Valor previsto para o ganho de horas caso a proposta valide os requisitos inicialmente estabelecidos.

## 6 Conclusões

A presente dissertação, integrada em ambiente empresarial, teve como principal objetivo procurar melhorias para o setor das bancadas, nomeadamente, introduzir novas técnicas ou tecnologias. Como tal, após uma familiarização com os conceitos e métodos de trabalho da empresa, em conjunto com a direção de produção e o chefe da bancada piloto onde decorreu o projeto, estabeleceram-se os pontos críticos a analisar durante o projeto: Ligações roscadas, mandrilar furos, afinar veios e verificar caudais. Neste sentido, fez-se um acompanhamento das diversas operações da bancada, com maior ênfase para as operações críticas.

A análise das ligações roscadas centrou-se nos furos roscados totalmente na bancada, nomeadamente na métrica M6 que representa 66% dos furos roscados, isto é, 18 333 furos M6 por ano. Esta tarefa demorava 1243 horas a roscar estes mesmos furos.

Apresentaram-se duas propostas para melhorar esta operação. Em ambas conseguiu-se reduzir consideravelmente o tempo desta operação: Tanto a proposta 1 como a proposta 2 executam os furos através de um novo método, aparafusadora a bateria com macho de máquina, residindo a diferença no setor onde é realizada. Este novo método rosca os mesmos 18 333 furos em 116 horas por ano. Na proposta 1, a operação de roscagem continua a ser feita na bancada. Assim, com esta proposta a bancada recuperaria 1 119 horas e 19 405 euros por ano. No entanto, para que esta proposta seja implementável, cada bancada deve possuir o seu equipamento, isto traduz-se num investimento de 2664 euros com um retorno de investimento de 1.4 meses. Na proposta 2, o objetivo é retirar esta tarefa da bancada e atribuí-la a outro setor da produção. Neste caso o ganho para a bancada é total (1234 horas por ano) e ainda, uma poupança de 21 147 euros para a empresa. O investimento necessário representa 666 euros com um retorno de investimento de 0,4 meses. Porém, para que a segunda proposta fosse implementável teve que procurar-se um setor com capacidade para a executar. O objetivo desta proposta é converter atividades internas da bancada em atividades externas, atribuindo-as a setores com disponibilidade para tal, ou seja, aproveitar os recursos da empresa. Após uma análise de campo, percebeu-se que estes recursos estavam disponíveis no setor de maquinaria de alta velocidade, onde os operadores têm 62,5% do tempo livre, isto é, 4800 horas por ano.

Quanto às ligações roscadas pode concluir-se que em ambas as propostas ambas são exequíveis e com consideráveis economias para a bancada e para a empresa.

A caracterização do processo de mandrilar furos passou pela identificação dos métodos de trabalho atuais e, pela procura de soluções onde fossem garantidos os requisitos de qualidade e acabamento estabelecidos pela empresa. Aqui, encontraram-se problemas com os acabamentos dos furos (excesso de rugosidade), dificuldades em garantir a tolerância H7 exigida, em mandrilar furos sem ovalizar e, em assegurar a verticalidade dos mesmos.

Com base num estudo feito às opções existentes no mercado e o contacto com alguns fornecedores, decidiu-se testar dois tipos novos de mandris. No entanto, no decorrer da dissertação apenas uma das marcas foi testada, a SECO, ficando a segunda (SUNNEN) com teste agendado para início de Fevereiro.

Assim sendo, os resultados obtidos até ao momento com os mandris da SECO são bastante satisfatórios, conseguindo-se validar todos os requisitos estabelecidos inicialmente para os testes a realizar.

Do teste realizado pela SECO, através de uma análise visual ao furo constata-se que a qualidade da superfície do furo é homogénea e apresenta baixa rugosidade, pelo que em relação a este requisito o teste foi aprovado tecnicamente.

No que diz respeito à garantia da tolerância H7, conclui-se que foi assegurada na maioria dos furos com exceção de alguns com Ø 10 e Ø 6 mm, onde se registaram desvios da ordem de grandeza 0,001 a 0,009 mm, motivados por não se conseguir garantir a verticalidade da ferramenta (ao comparar a ferramenta registaram-se desvios de 0,1 a 0,2 mm que não foram corrigidos). Estes estão associados à excentricidade da máquina, à maior flexibilidade das ferramentas com menor diâmetro, bem como à falta de apoio da ferramenta na parte inicial dos furos com inclinações que é maior quanto maior for a inclinação.

Conclui-se portanto que a estratégia de maquinação da furação e as ferramentas utilizadas satisfazem o requisito da tolerância H7.

Na análise da verticalidade do furo foram registados desvios acima da tolerância, em alguns furos com diâmetro Ø6 e Ø10 mm, no entanto constata-se que a direção dos desvios em y e a ordem de grandeza é a mesma para todos os furos, o que permite concluir que a causa não está associada a um desvio do mandril durante a operação de mandrilagem, mas sim a fatores externos, como por exemplo mau apoio da peça na mesa da máquina e o facto de não ter sido garantida a verticalidade do mandril (diferenças registadas ao comparar a ferramenta).

Conclui-se que a verticalidade do furo não é comprometida com a utilização destas ferramentas, no entanto pode ser melhorada com a utilização de suportes que garantam a rigidez e compensem a não verticalidade da ferramenta provocada pela falta de apoio e desvios na árvore da máquina.

Para garantir os requisitos exigidos neste tipo de furação de precisão, isto é, tolerância H7, furos verticais, bom acabamento superficial, é essencial garantir a verticalidade e rigidez da ferramenta.

No decorrer do teste, a maior dificuldade encontrada foi comparar a ferramenta, para que não se verifiquem desvios, uma vez que o processo para garantir a verticalidade da ferramenta é muito moroso e depende totalmente do operador.

Assim sendo, nas condições atuais conclui-se que a maquinação de furos com precisão, como é o caso dos extratores, é uma operação demorada, para que se possam garantir todos os requisitos de qualidade exigidos, na qual a influência do operador é elevada.

O estudo de soluções que permitam colmatar os problemas identificados, contribuirá para o aumento da qualidade de maquinação e redução do *setup* de ferramenta, bem como a eliminação de erros.

Na análise económica pretende-se avaliar os ganhos potenciais com a utilização destas ferramentas. Os ganhos são uma função dos problemas mais frequentes.

Com base nos custos do retrabalho é possível calcular o retorno do investimento da ferramenta, assumindo que a durabilidade da ferramenta é igual à atual (apenas com a continuação da utilização da ferramenta é possível quantificar-se a sua durabilidade), o retorno verifica-se no mínimo em 0,7 problemas com mandrilados por ensaio e no máximo em 1,5 problemas.

No que diz respeito aos ganhos qualitativos, é expectável que com a adoção destas ferramentas, 4% dos problemas identificados nos relatórios de ensaio de moldes com extratores (amostra realizada com moldes da MDA) sejam eliminados o que se traduz numa maior satisfação dos clientes, menor desgaste dos intervenientes, menores custos e aumento da qualidade do nosso produto final.

Apesar de ser possível calcular os potenciais ganhos com a adoção deste tipo de mandris, os problemas expostos são problemas de qualidade e a sua resolução tem um impacto qualitativo muito elevado.

Afinar o comprimento dum veio, é uma tarefa que envolve o manuseamento de componentes pesados, onde o acesso para medir o comprimento do espaço destinado a este é extremamente reduzido e a tolerância da medição exigida para conseguir obter uma medição “à primeira” é 0.01 mm.

Foi proposto o teste a um transdutor de deslocamento linear (LVDT), da empresa GEFRAM, que reúne as condições para satisfazer os requisitos estabelecidos para esta medição. No entanto, por diligências comerciais a cumprir entre a GEFRAM Portugal e a sede da empresa em Itália, não foi possível no decorrer da dissertação testar o equipamento, pelo que nada se pode concluir quanto a validação dos requisitos para este estabelecidos.

Ainda assim, estimaram-se os ganhos que se podem ter, caso esta proposta cumpra os requisitos estabelecidos e efetue uma medição do comprimento dos veios à primeira. Estima-se que se a medição for feita de uma só vez, o tempo associado a esta se reduza em 40%, isto traduz-se numa poupança de 453 horas por anos para a bancada. Por este motivo, este é um ponto ao qual deve ser dada continuidade por parte da empresa.

A verificação dos caudais é uma operação feita em todos os moldes e em todos os componentes onde exista algum fluido a circular, seja ele água ou óleo. Esta é uma operação é uma exigência dos clientes, dado que a temperatura de funcionamento de um molde está diretamente relacionada com a cadência de produção de um molde, como tal, é necessário que os caudais sejam o mais aproximados possível dos valores estabelecidos por estes.

Desta forma, é importante que se verifique se os circuitos estão de acordo com os do modelo e, se o caudal que por eles passa é o indicado pelo cliente. Para poder garantir a qualidade e o rigor destas informações é necessário que o equipamento de medição tenha qualidade para tal.

Foi neste sentido que se propôs a introdução de um caudalímetro digital, integrado na bomba de água utilizada para verificar se os circuitos estavam de acordo com os do modelo e se existiam ou não fugas. Desta forma, quando se faz esta verificação, pode fazer-se em simultâneo a verificação dos caudais, otimizando assim os recursos disponíveis.

Quanto a esta proposta pode concluir-se que os objetivos estabelecidos são cumpridos, tanto no que toca à qualidade da medição, neste caso a medição passa a ser digital, como também elimina riscos no transporte do molde até à área onde atualmente se fazem as medições.



O investimento necessário para implementar esta proposta é de 2 142 euros com um retorno do investimento em 3.4 meses. Este investimento permite poupar 504 horas para a bancada e 7 560 euros para a empresa por ano.

Para trabalhos futuros sugere-se que, à semelhança do que foi proposto para as ligações roscadas, se procure fazer o mesmo para as operações de quebrar quinas e tapar águas. Ambas são operações demoradas e, como tal retiram muito tempo a bancada. Quanto ao quebrar quinas, poderá analisar-se a hipótese desta ser englobada no setor de maquinação de alta velocidade, onde se propôs executar os furos roscados, mas que ainda dispões de bastantes horas livres. No que toca à operação de tapar águas e, sugere-se a hipótese desta ser executada logo em seguida à furação dos circuitos pelos operadores destas máquinas, caso tenham disponibilidade para tal. Será também vantajoso para a empresa, dar continuidade ao estudo da medição do comprimento dos veios, bem como ao estudo das operações de mandrilado. Ambas ficaram com pontos em aberto, mas acredita-se que serão pontos com interesse relevante para o melhoramento do processo.

Em suma, pode-se concluir que a dissertação cumpriu os objetivos lançados, sendo o balanço das soluções apresentadas é positivo sendo de destacar o tempo que se conseguiu recuperar para a bancada (2 192 horas), a utilização de recursos disponíveis na empresa para a realização de atividades que pertenciam às bancadas, introdução de novas tecnologias e, melhoramento dos métodos atuais proporcionando ganhos de tempo, dinheiro (35 520 euros) e qualidade do produto final.

## 7 Referências e Bibliografia

- [1] “Grupo Simoldes,” 2004. [Online]. Available: <http://www.simoldes.com/tool/en/html/m21.html>. [Acedido em 16 10 2013].
- [2] CEFAMOL, “Situação Atual da indústria Portuguesa de Moldes,” 2006. [Online]. Available: [http://www.cefamol.pt/cefamol/pt/Cefamol\\_IndustriaMoldes/Situacao\\_Actual/Ficheiros/Ind\\_Port\\_Moldes\\_2006.pdf](http://www.cefamol.pt/cefamol/pt/Cefamol_IndustriaMoldes/Situacao_Actual/Ficheiros/Ind_Port_Moldes_2006.pdf). [Acedido em 18 10 2013].
- [3] CEFAMOL, “Apresentação do plano estratégico para o sector dos moldes e ferramentas especiais em Portugal,” 2005. [Online]. Available: [http://www.cefamol.pt/cefamol/pt/Cefamol\\_ACefamol/Noticias/29\\_Abr](http://www.cefamol.pt/cefamol/pt/Cefamol_ACefamol/Noticias/29_Abr). [Acedido em 18 10 2013].
- [4] G. Capote, Guia para Formação de analistas de Processos, vol. I, Rio de Janeiro: Gart Capote, 2011.
- [5] J. Y. H. Fuh, Computer-aided injection mold design and manufacture, New york: Marcel Dekker, 2004.
- [6] I. S. d. Barros, “Modelação do Comportamento Térmico de Moldes de Injeção,” Guimarães, 2004.
- [7] P. M. C. Garcia, “Moldes para injeção de termoplásticos,” [Online]. Available: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAe1RMAK/apostila-moldes-cefet-rs>. [Acedido em 29 11 2013].
- [8] D. L. C. Rosa, “Fresadora e o Processo de Fresamento,” Sorocaba.
- [9] “Torneamento,” [Online]. Available: <http://mmborges.com/processos/USINAGEM/TORNEAMENTO.htm>. [Acedido em 30 11 2013].
- [10] Grupo Simoldes, “Processo de Furação,” 2012.
- [11] CENFIM, “Rosca Manual”.
- [12] J. P. Pinto, Pensamento LEAN, LIDEL, 2009.
- [13] C. Jacobs, Operations and Supply Chain Managment, Mc Graw Hill.
- [14] Grupo Simoldes, “Cadérno Técnico”.

- [15] “LVDT,” 29 10 2013. [Online]. Available: <http://pt.wikipedia.org/wiki/LVDT>. [Acedido em 28 12 2013].
- [16] F. ASCAMM, Introducción a la tecnología de los moldes, 2001.
- [17] A. F. Reinert, “Moldes de injeção,” Sociedade Educacional, Paraná, 2004.
- [18] R. U. Domingues, Especificação Técnica para Orçamento, Projeto e Construção de Moldes de Injeção de Termoplásticos, Sorocaba, 2012.
- [19] P. F. Alves, “Trabalho sobre fresa,” 31 05 2010. [Online]. Available: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABh1IAA/trabalho-sobre-fresa>.
- [20] J. P. Pinto, Gestão de Operações, LIDEL, 2006.
- [21] “Análise SOWT,” [Online]. Available: [http://pt.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lise\\_SWOT](http://pt.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lise_SWOT). [Acedido em 12 2013].
- [22] J. A. Silva, “Sistema de seguimento de componentes em fabrico na produção,” 2011.
- [23] L. S. Cunha e M. Padovani, Manual Prático do Mecânico, Hemus, 2003.
- [24] S. Morais, Desenho Técnico Básico, vol. 3, Porto Editora, LDA, 2006.
- [25] J. D. Marafona, “Tecnologia e aplicações da Electroerosão,” FEUP, Porto, 2002.

## ANEXO A: Tolerâncias dimensionais para furos e veios

**3.3- EXEMPLOS DE AJUSTAMENTO DE USO MAIS CORRENTE**

**SISTEMA ISO DE AJUSTAMENTOS "FURO BÁSICO"**

**FURO H (E)**

**VEIOS (E)**

**USO CORRENTE**

**DESMONTÁVEIS**

**DESMONTÁVEIS**

CLASSE	AJUSTAMENTO LIVRE	ROTATIVO	DESLIZANTE	DESLIZANTE JUSTO	LIGEIRAMENTE PRESO	FORTEMENTE PRESO	APERTADO A FRIO	APERTADO FORTE
MONTAGEM	Muito fácil à mão	Fácil à mão	À mão	À mão sob pressão	Com maço de madeira	Com martelo	Com prensa a frio	Prensado a quente ou a frio
CARACTERÍSTICAS	Grande folga permite dilatações - fracos alinhamentos - vãos longos	Para movimentos rápidos com lubrificação	Para movimentos guiados com exactidão	Para deslizamento manual ou acoplamentos	Para acoplamentos que necessitam de fixação contra deslizamento e rotação	Para acoplamentos que necessitam de rotação	Para acoplamentos não desmontáveis	Para acoplamentos que podem suportar esforços
APLICAÇÕES	Parafusos - porcas Eixos em suportes e rodas livres Articulações	Interior de casquilhos Veios de êmbolos	Guiamentos	Chavetas em ligação móvel Rodas dentadas Unões	Volantes de mão Rolamentos de esferas (anel exterior) Tambores (polias) Chavetas paralelas em ligações fixas	Tambores Engrenagens Rolamentos de esferas (anel interno) Unões	Exterior de casquilho Camisas de cubos Pinhões em veios	Ligação fixa de veio com rotor de motor eléctrico
MECÂNICA								
EXACTIDÃO		H6/e7	H6/f6	H6/g5	H6/h5	H6/j5	H6/k5	H6/m5
CUIDADA		H7/e8	H7/f7	H7/g6	H7/h6	H7/j6	H7/k6	H7/m6
CORRENTE		H8/e9	H8/f8	H8/h8	H8/h7	H8/j7	H8/k7	H8/m7
GROSSEIRA	H11/d11	H10/d10						

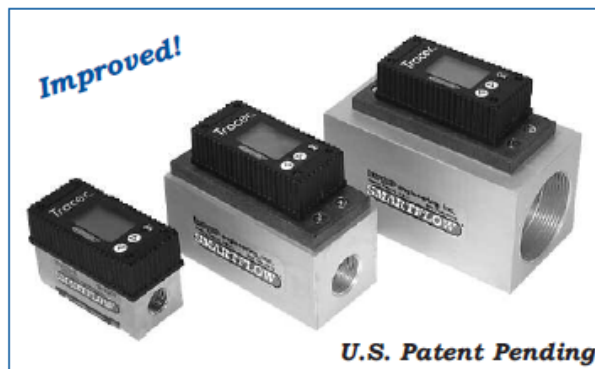
DIMENSÃO NOMINAL	FURO H6	f6	g5	h5	j5	m5	p5	FURO H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	p6	FURO H8	e8	f8	h8	FURO H11	d11	h11
≤ 3	+6 0	-6 -12	-2 -6	0 -4	+2 +2	+6 +6	+10 +6	+10 +6	-6 -16	-2 -8	0 -6	+4 -2	+6 +2	+8 +6	+12 +6	+14 +6	-14 -28	-6 -20	0 -14	+60 +60	-20 -80	0 -60
>3 a 6	+8 0	-10 -18	-4 -5	0 -5	+3 +2	+9 +4	+17 +12	+12 +12	-10 -22	-4 -12	0 -8	+6 +2	+9 +4	+12 +12	+20 +12	+18 +12	-20 -38	-10 -28	0 -18	+75 +75	-30 -105	0 -75
>6 a 10	+9 0	-13 -22	-5 -11	0 -6	+2 +2	+12 +6	+21 +15	+15 +15	-13 -28	-5 -14	0 -9	+7 +2	+10 +6	+15 +15	+24 +15	+22 +15	-25 -47	-13 -35	0 -22	+90 +90	-40 -130	0 -90
>10 a 18	+11 0	-16 -27	-6 -14	0 -8	+5 +3	+15 +7	+26 +18	+18 +18	-16 -34	-6 -17	0 -11	+8 +3	+12 +1	+18 +7	+29 +16	+27 +16	-32 -59	-16 -43	0 -27	+110 +110	-50 -160	0 -110
>18 a 30	+13 0	-20 -33	-7 -16	0 -9	+5 +4	+17 +8	+31 +22	+21 +22	-20 -41	-7 -20	0 -13	+9 +4	+15 +2	+21 +8	+35 +22	+33 +22	-40 -73	-20 -53	0 -33	+130 +130	-65 -195	0 -130
>30 a 50	+16 0	-25 -41	-9 -20	0 -11	+6 +5	+20 +9	+37 +26	+25 +26	-25 -50	-9 -25	0 -16	+11 +5	+18 +2	+25 +9	+42 +26	+39 +26	-50 -89	-25 -64	0 -39	+160 +160	-80 -240	0 -160
>50 a 80	+19 0	-30 -49	-10 -23	0 -13	+6 +7	+24 +11	+45 +32	+30 +32	-30 -60	-10 -29	0 -19	+12 +7	+21 +2	+30 +11	+51 +32	+46 +32	-60 -106	-30 -76	0 -46	+190 +190	-100 -290	0 -190
>80 a 120	+22 0	-36 -58	-12 -27	0 -15	+6 +9	+28 +13	+52 +37	+35 +37	-36 -71	-12 -34	0 -22	+13 +3	+25 +13	+35 +13	+59 +37	+54 +37	-72 -126	-36 -90	0 -54	+220 +220	-120 -340	0 -220
>120 a 180	+25 0	-43 -68	-14 -32	0 -18	+7 +11	+33 +15	+61 +43	+40 +43	-43 -83	-14 -39	0 -25	+14 +11	+28 +3	+40 +15	+68 +43	+63 +43	-85 -148	-43 -106	0 -63	+250 +250	-145 -395	0 -250
>180 a 250	+29 0	-50 -79	-15 -35	0 -20	+7 +13	+37 +17	+70 +50	+46 +50	-50 -96	-15 -44	0 -29	+16 +13	+33 +4	+46 +17	+79 +50	+72 +50	-100 -172	-50 -122	0 -72	+290 +290	-170 -440	0 -290
>250 a 315	+32 0	-56 -88	-17 -40	0 -23	+7 +16	+43 +20	+79 +56	+52 +56	-56 -108	-17 -49	0 -32	+16 +16	+36 +20	+52 +20	+88 +56	+81 +56	-110 -191	-56 -137	0 -81	+320 +320	-190 -510	0 -320
>315 a 400	+36 0	-62 -96	-18 -43	0 -25	+7 +18	+46 +21	+87 +62	+57 +62	-62 -119	-18 -54	0 -36	+18 +18	+40 +4	+57 +21	+96 +62	+89 +62	-125 -214	-62 -151	0 -89	+360 +360	-210 -570	0 -360
>400 a 500	+40 0	-68 -108	-20 -47	0 -27	+7 +20	+50 +23	+95 +68	+63 +68	-68 -131	-20 -60	0 -40	+20 +5	+45 +23	+63 +68	+108 +68	+97 +68	-135 -232	-68 -165	0 -97	+400 +400	-230 -630	0 -400
>500 a 630	+44 0	-76 -120	-22 -54	0 -32	—	—	—	+70 +70	-76 -146	-22 -66	0 -44	—	+44 +26	+70 +78	+122 +78	+110 +78	-145 -255	-76 -166	0 -110	+440 +440	-260 -700	0 -440

Fig. 8- Resumo do sistema de ajustamento de furo básico (de uso mais frequente)

## ANEXO B: Informações técnicas do Caudalímetro Digital.

**SMARTFLOW**

**TRACER<sup>®</sup>**  
**ELECTRONIC FLOWMETER**



### Model DD Digital Display

- ◆ Battery Powered
- ◆ LCD Display
  - FCI (Flow Characteristic Indicator)
  - Flow
  - Temperature
  - BTU's per minute

See page 23 for model numbers and dimensions

### General Description

Tracer Electronic Flowmeter with Liquid Crystal Display (LCD) measures liquid flow rate, temperature, calculates BTU's per minute and incorporates a new Flow Characteristic Indicator (FCI). The highly-visible display is configured via the sealed push buttons and user-friendly menus.

As a diagnostic tool, engineers and maintenance personnel can quickly spot-check temperature and flow in water lines using the LCD Tracer flowmeter. This portable LCD unit is unmatched as a troubleshooting tool.

As a process control tool, the Tracer can be left in place to closely monitor more critical applications. Annual calibration is recommended for best results.

### Features and Benefits

- ◆ **Bi-directional flow reading** makes installation simple and convenient.
- ◆ **English or Metric units** for flow and temperature are user-selectable.
- ◆ **Corrosion-resistant wetted parts** assure long-lasting durability.
- ◆ **Polysulfone viewing window** provides visual flow indication (DD-3B & DD-3E models only).
- ◆ **Automatic display shut-off** prolongs battery life.
- ◆ **RoHS compliant**

### FCI (Flow Characteristic Indicator)

*Turbulent Flow* is the point at which cooling efficiency is optimized. Flow rates higher than the point of Turbulent Flow do not improve cooling. Using FCI, systemic cooling water flow can be optimized, conserving water and maximizing cooling plant-wide without plumbing changes. "TFLOW" displays when Turbulent Flow is present within the Tracer flowmeter.

### Specifications

**Flow Accuracy** .....±5%\*

**Flow Repeatability** .....±3%\*

### Wetted Parts

3/8" Body .....Nickel-Plated Brass  
 3/4" - 2" Body .....Clear-Anodized Aluminum  
 or 303 Stainless Steel (-SS model suffix)  
 Sight Window (3/8" only) .....Polysulfone  
 Impeller .....Nylon 6/12  
 Impeller Shaft .....18-8 Stainless Steel  
 Magnet .....Neodymium

### Power

Battery .....3.6V 1.0A Lithium  
 Tadiran 5902 (part no. EFB-36)  
 Battery Life .....500 hrs actual use

### Process Temperature

Range .....32°F to 180°F  
 (0°C to 82°C)

Accuracy .....±2% of display value

Repeatability .....±1% of display value

### Environmental

#### Pressure

3/8" Body .....150 psi max.  
 (10.3 bar max.)

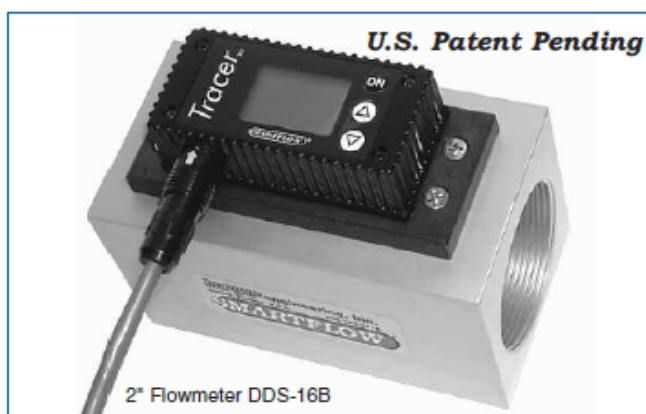
3/4" - 2" Body .....100 psi max.  
 (6.9 bar max.)

\*Accuracy and Repeatability figures are based on the full scale of the range.





## TRACER® SWITCHING ELECTRONIC FLOWMETER



### Model DDS

#### Digital Display Switching

- ◆ Remotely Powered 8 to 28VDC
- ◆ 0-5 or 0-10 Volts Analog Output
- ◆ Programmable SPDT Switch Low or High Flow and Temperature
- ◆ LCD Display
  - FCI (Flow Characteristic Indicator)
  - Flow
  - Temperature
  - BTU's per minute

See page 23 for model numbers and dimensions

### General Description

**Tracer Electronic Switching Flowmeter** measures liquid flow rate and temperature while providing a selectable analog signal and programmable switch for low or high flow and temperature.

**8 to 28VDC power** source operates the flowmeter. Sealed push-buttons configure the flowmeter and switching operations through user-friendly menus. FCI (see page 19) and BTU's per minute calculation are standard.

**Analog signal transmits 0 to 5 or 0 to 10 Volts;** signal is scaleable for flow and temperature. The SPDT switch in the Tracer flowmeter can be wired directly to a process control system or other peripheral equipment. The NPT(F) threaded openings provide versatile, leak-free connections to match existing plumbing.

Tracer flowmeter is suitable for use in injection molding machine cooling water loops, lube oil systems, blending systems, filter condition indicators, and varied applications requiring flow measurement of clean, non-viscous, chemically compatible process liquids.

Annual calibration is recommended for best results. Not recommended for use with liquids containing metallic particles.

### Specifications

**Flow Accuracy** ..... ±5%\*

**Flow Repeatability** ..... ±3%\*

#### Wetted Parts

3/8" Body ..... Nickel-Plated Brass

3/4" - 2" Body ..... Clear-Anodized Aluminum  
or 303 Stainless Steel (-SS model suffix)

Impeller ..... Nylon 6/12

Impeller Shaft ..... 18-8 Stainless Steel

Magnet ..... Neodymium

**Power** ..... 8 to 28VDC

**Switching** ..... SPDT, 1A,  
30VAC, 42VDC

#### Process Temperature

Range ..... 32°F to 180°F (0°C to 82°C)

Accuracy ..... ±2% of display value

Repeatability ..... ±1% of display value

#### Environmental

Pressure

3/8" Body ..... 150 psi max.  
(10.3 bar max.)

3/4" - 2" Body ..... 100 psi max.  
(6.9 bar max.)

\*These figures based on the full scale of the range.

### Features and Benefits

- ◆ **Programmable SPDT switch** tied to high or low flow, or high or low temperature conditions to help protect equipment and processes.
- ◆ **0 to 5 or 0-10 Volts selectable analog output** for connection to process control system.
- ◆ **Flow Characteristic Indicator** helps optimize systemic water usage. "TFLOW" on digital display signifies Turbulent Flow.
- ◆ **Bi-directional flow reading** makes installation simple and convenient.
- ◆ **Metric or English units** for flow and temperature are user-selectable.
- ◆ **3/8" through 2" NPT(F) inlet/outlet** installs easily into existing plumbing.



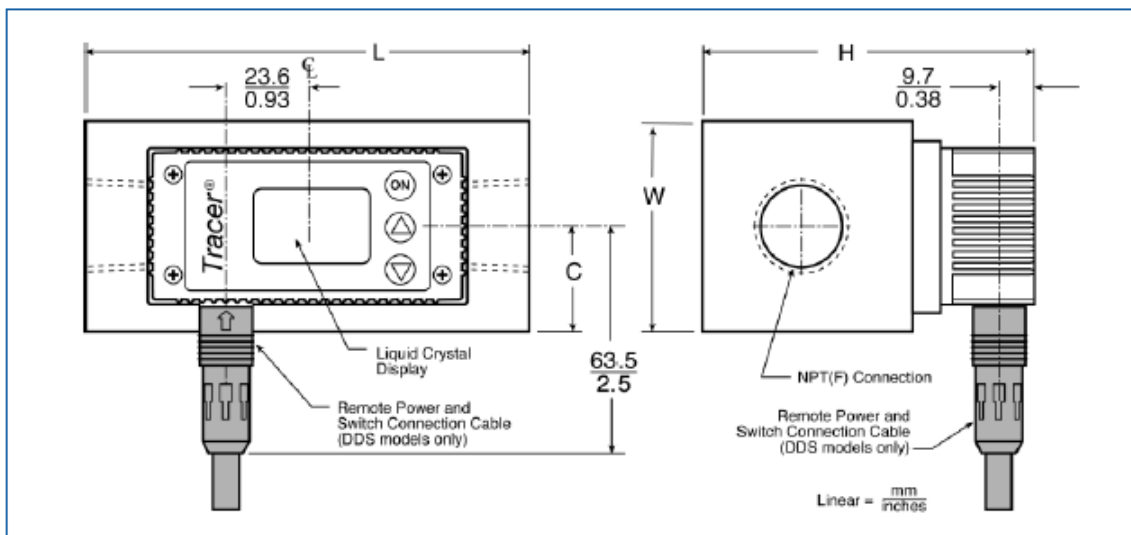
## TRACER® ELECTRONIC FLOWMETERS

Model Numbers and Dimensions								
Display Tracer	Switching Tracer	Connection Size	Flow Range		Max Dimensions (mm/in)			
					L	H	W	C
DD-3B	DDS-3B	3/8" NPT(F)	0 - 8 gpm	0 - 30 lpm	87/3.42	58/2.27	42/1.67	21/0.83
DD-3B-B	DDS-3B-B	3/8" BSPP(F)						
DD-3E		3/8" quick connect						
DD-6B	DDS-6B	3/4" NPT(F)	2 - 20 gpm	8 - 76 lpm	121/4.75	94/3.70	57/2.25	29/1.13
DD-6B-B	DDS-6B-B	3/4" BSPP(F)						
DD-8B	DDS-8B	1" NPT(F)	3 - 30 gpm	11 - 114 lpm				
DD-8B-B	DDS-8B-B	1" BSPP(F)						
DD-12B	DDS-12B	1-1/2" NPT(F)	6.5 - 60 gpm	25 - 228 lpm	140/5.50	118/4.65	76/3.00	38/1.50
DD-12B-B	DDS-12B-B	1-1/2" BSPP(F)						
DD-16B	DDS-16B	2" NPT(F)	10 - 110 gpm	38 - 418 lpm				
DD-16B-B	DDS-16B-B	2" BSPP(F)						

Add "-SS" suffix to above model numbers for 303 Stainless Steel bodies with NPT threads only.

### Stainless Steel Application Note:

Stainless Steel flowmeter bodies are strongly recommended when copper is present in water lines. This includes water treatments such as organic biocides containing copper. Aluminum is susceptible to galvanic action in the presence of copper. Contact your factory representative for more information.



## ANEXO C: Orçamento do Caudalímetro



Maquinas e Equipamentos p/ Ind. Lda.  
Rua da Industria, n.º 222  
4770-160 Jesufrei V.N. Famalicão  
Tel. 252 916 036 Fax. 252 916 037  
e-mail: [geral@centi-support.com](mailto:geral@centi-support.com)  
[www.centi-support.com](http://www.centi-support.com)  
De: António Costa

Para: **MDA, S.A.**  
Z. Industrial- P.O.BOX 390  
3721-909 Oliveira de Azemeis  
Tel. 256 660 900 Fax. 256 660 930  
e-mail: [sandra.alves@mda.pt](mailto:sandra.alves@mda.pt)

A/C: Sra. Sandra Alves

### PROPOSTA

Ref. 04 001 MDA

17 de Outubro de 2013

Exmos. Srs.,

De acordo com a vossa solicitação pessoal, somos a enviar a nossa melhor proposta para o eventual fornecimento de:

#### 1. Condições Comerciais

Pos.	Ref.	Descrição	Quant.	UNI.	Preço/uni (€)	Desc. (%)	Preço Líquido (€)
Opção A							
1.1.	DD3B	Medidor de Fluxo digital 3/8" NPT (pag. 414) Prazo de entrega: ± 3 semanas	1,00	Un	535,70€		535,70€
Opção B							
1.2.	DD3E	Medidor de Fluxo digital de engate rápido de 3/8" (pag 414) Prazo de entrega: ± 3 semanas	1,00	Un	535,70€		535,70€
Opção C							
1.3.	DDS3B	Medidor de Fluxo digital 3/8" com recolha de dados Prazo de entrega: ±5 dias	1,00	Un	494,00€		494,00€
					Total:		0,00€
					Descontos:		0,00€
					Total Líquido:		0,00€

- IVA á taxa em vigor: Não incluído
- Transporte: Não incluído

#### 2. Condições de Pagamento

P.P

#### 3. Validade da proposta

A validade é de 30 dias.

#### 4. Prazo de Entrega

3 Semanas após adjudicação

Certos que esta proposta merecerá da vossa parte a melhor atenção, deixam a nossa disponibilidade para os esclarecimentos que julgarem necessários.

Com os melhores cumprimentos.

António Costa



## ANEXO D: Lista de Machos Comprados em 2013

<b>Dt.Doc.</b>	<b>NºDoc.</b>	<b>Nome</b>	<b>Qtd.Doc.</b>
05-01-2013	89880/A	MAQUIMENTA, LDA	6
30-01-2013	90462/A	MAQUIMENTA, LDA	7
01-02-2013	90552/A	MAQUIMENTA, LDA	8
05-03-2013	91315/A	MAQUIMENTA, LDA	7
05-03-2013	91315/A	MAQUIMENTA, LDA	6
02-04-2013	92068/A	MAQUIMENTA, LDA	7
09-04-2013	92181/A	MAQUIMENTA, LDA	8
03-05-2013	92708/A	MAQUIMENTA, LDA	6
09-05-2013	92856/A	MAQUIMENTA, LDA	7
23-05-2013	93223/A	MAQUIMENTA, LDA	8
11-06-2013	93598/A	MAQUIMENTA, LDA	7
13-06-2013	93662/A	MAQUIMENTA, LDA	8
15-06-2013	93706/A	MAQUIMENTA, LDA	7
04-07-2013	94078/A	MAQUIMENTA, LDA	6
01-08-2013	94689/A	MAQUIMENTA, LDA	7
13-09-2013	95378/A	MAQUIMENTA, LDA	6
08-11-2013	96714/A	MAQUIMENTA, LDA	9
06-12-2013	97379/A	MAQUIMENTA, LDA	7
19-12-2013	97603/A	MAQUIMENTA, LDA	8
$\Sigma$			135,00

## ANEXO E: Comparação entre Aparafusadoras

	Aparafusadoras/ roscadoras a bateria					Roscadoras pneumáticas
	METABO				BOSH	Ober
	BS 18 LT	SB 18 LT	BS 14,4 LT	BS 14,4 LI	GSR 18-2-LI	
Motor de 4 polos	x	x	x	-	n.d.	n.d.
Bucha com Hexagonal interior	x	x	x	-	n.d.	n.d.
Luz de trabalho	x	x	x	x	x	n.d.
Gancho de cinta e depósito de ponteiros	x	x	x	-	x	n.d.
Indicador da carga da bateria	x	x	x	x	n.d.	n.d.
2 Baterias	x	x	x	x	x	-
garantia de 3 anos da bateria	x	x	x	x	n.d.	n.d.
Tipo de bateria	Li-ion	Li-ion	Li-ion	Li-ion	Li-ion	-
Tensão da bateria	18V	18V	14,4 V	14,4 V	18V	-
capacidade da bateria	5,2 Ah	4,0Ah	4,0 Ah	1,5 Ah	1,5 Ah	-
Binário max. Macio/duro	34/60 Nm	34/60 Nm	27 / 50 Nm	20 / 40 Nm	17 / 38 Nm	40 Nm
Ø do furo betão/aço/madeira	n.d. / 13 / 38 mm	13/13/38 mm	n.d. / 13 / 35 mm	n.d. / 10 / 20 mm	n.d. / 10 / 30 mm	-
velocidade de rotação ( em vazio )	0-450 / 0-1600 r.p.m	0-450 / 0-1600 r	0-400 / 0-1450 r.p.m	0-450 / 0-1600 r.p.m.	0-400 / 0-1400 r.p.m.	260 r.p.m.
Capacidade da bucha de aperto	1,5 - 13 mm	1,5 - 13 mm	1,5 - 13 mm	1,0 - 10 mm	1,0 - 10 mm	12 mm
Peso	1,8 kg	1,9 kg	1,7 kg	1,4 kg	1,3 kg	1,63 kg
preço	399	395	333	181 €	271 €	875 €

## ANEXO F: Dados da maquinação dos furos

DADOS MAQUINAÇÃO			Ø 6					
Operação:		DB caixa	ACB caixa	furar	mandrilar	mandrilar	mandrilar	mandrilar
Ferramenta:		4R1	6R1	Ø 5,8	Ø 6	Ø 6	Ø 6	Ø 6
Estratégia CAM:		13ab10	13ab11	13a6b	13a6m	13a6m	13a6m	13a6m
Excentricidade da ferramenta	[mm]	NA	NA	+ 0,02	+0,01	0,01	0,01	0,01
Incremento (Ap):	[mm]	0,1	0,2	-	-	-	-	-
Passo lateral (Ae):	[mm]	-	-	-	-	-	-	-
Tipo de refrigeração (interna/externa)		externa	externa	r.i.-centralina	r.i.-centralina	r.i.-centralina	r.i.-centralina	r.i.-centralina
Refrigeração (Ar/Óleo/Vapor/Seco/Misto)		ar	ar	óleo solúvel	óleo solúvel	óleo solúvel	óleo solúvel	óleo solúvel
Velocidade Corte (Vc)	[m/min]	68	90	174	176	176	176	176
Rotação (n)	[rev./min]	3600	3600	3500	3500	3500	3500	3500
Velocidade Avanço (Vf)	[mm/min]	900	464	420	250	300	500	428
Avanço (fn)	[mm/rev.]	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05
Avanço por dente (fz)	[mm/th]	-	-	-	-	-	-	-
Sobresspessura	[mm]	-	-	-	-	-	-	-
Tempo estimado (CAM)	[min]	00:02:04	00:01:32	00:00:16	-	-	-	-
Tempo real	[min]	00:09:00	00:06:00	00:01:00	-	-	-	-
P no Spindle:	[KW]	-	-	-	-	-	-	-
P no motor:	[KWm]	-	-	-	-	-	-	-
Torque:	[Nm]	-	-	-	-	-	-	-

DADOS MAQUINAÇÃO			Furo Ø 10		
Operação:		DB caixa	ACB caixa	furar	mandrilar
Ferramenta:		6R1	6R1	Ø 9,8	Ø 10
Estratégia CAM:		13ab8	13ab9	13a10b	13a10m
Excentricidade da ferramenta	[mm]	NA	NA	+ 0,02	0,00
Incremento (Ap):	[mm]	0,15	0,3	-	-
Passo lateral (Ae):	[mm]	-	-	-	-
Tipo de refrigeração (interna/externa)		externa	externa	r.i.-centralina	r.i.-centralina
Refrigeração (Ar/Óleo/Vapor/Seco/Misto)		ar	ar	óleo solúvel	óleo solúvel
Velocidade Corte (Vc)	[m/min]	57	77	174	126
Rotação (n)	[rev./min]	3050	3049	3500	2500
Velocidade Avanço (Vf)	[mm/min]	900	1178	900	500
Avanço (fn)	[mm/rev.]	0,3	0,4	0,3	0,2
Avanço por dente (fz)	[mm/th]	-	-	-	-
Sobresspessura	[mm]	-	-	-	-
Tempo estimado (CAM)	[min]	00:01:56	00:01:28	00:00:16	-
Tempo real	[min]	00:11:00	00:06:00	00:01:00	-

DADOS MAQUINAÇÃO			Furo Ø 16	
Operação:		DB caixa	ACB caixa	furar
Estratégia CAM:		13ab6	13ab7	13a16b
Excentricidade da ferramenta	[mm]	NA	NA	0,00
Incremento (Ap):	[mm]	0,15	0,15	-
Passo lateral (Ae):	[mm]	-	-	-
Tipo de refrigeração (interna/externa)		externa	externa	r.i.-centralina
Refrigeração (Ar/Óleo/Vapor/Seco/Misto)		ar	ar	óleo solúvel
Velocidade Corte (Vc)	[m/min]	75	77	129
Rotação (n)	[rev./min]	3000	3049	2600
Velocidade Avanço (Vf)	[mm/min]	1000	1178	400
Avanço (fn)	[mm/rev.]	0,3	0,4	0,2
Avanço por dente (fz)	[mm/th]	-	-	-
Sobresspessura	[mm]	0,00	0,00	0,20
Tempo estimado (CAM)	[min]	00:16:28	00:09:58	00:00:43
Tempo real	[min]	00:23:00	00:13:00	-

## ANEXO G: Comparação entre Aparafusadoras

Máquina: CS2-1								
Estado Máquina	Data	Hora início	Hora fim	$\Delta T$	Operação		Trabalho	
					Programa	Tarefa	Molde	Comp.
ON	13-nov	14:20:00	15:16:00	00:56:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	13-nov	15:16:00	15:19:00	00:03:00		Mudar fresa	2246	540
ON	13-nov	15:19:00	16:17:00	00:58:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	13-nov	16:17:00	16:19:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
OFF	13-nov	16:19:00	16:25:00	00:06:00		Limpar limalha	2246	540
ON	13-nov	16:25:00	17:21:00	00:56:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	13-nov	17:21:00	17:25:00	00:04:00		Mudar fresa	2246	540
ON	13-nov	17:25:00	18:13:00	00:48:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	13-nov	18:13:00	18:15:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
ON	13-nov	18:15:00	19:06:00	00:51:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	13-nov	19:06:00	19:09:00	00:03:00		Mudar fresa	2246	540
OFF	13-nov	19:09:00	19:14:00	00:05:00		Limpar limalha	2246	540
ON	13-nov	19:14:00	19:30:00	00:16:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
ON	13-nov	19:52:00	20:28:00	00:36:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	13-nov	20:28:00	20:30:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
OFF	13-nov	20:30:00	20:36:00	00:06:00		Limpar limalha	2246	540
ON	13-nov	20:36:00	21:25:00	00:49:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	13-nov	21:25:00	21:27:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
ON	13-nov	21:27:00	22:10:00	00:43:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	13-nov	22:10:00	22:12:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
ON	13-nov	22:12:00	22:55:00	00:43:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	13-nov	22:55:00	22:56:00	00:01:00		Mudar fresa	2246	540
ON	13-nov	22:56:00	23:55:00	00:59:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	13-nov	23:55:00	23:56:00	00:01:00		Mudar fresa	2246	540
OFF	14-nov	23:56:00	00:03:00	00:07:00		Limpar Mesa	2246	540
ON	14-nov	00:03:00	01:05:00	01:02:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540

Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes  
para injeção de termoplásticos.

OFF	14-nov	01:05:00	01:07:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
OFF	14-nov	01:07:00	01:17:00	00:10:00		Limpar Mesa	2246	540
ON	14-nov	01:17:00	02:05:00	00:48:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	14-nov	02:05:00	02:06:00	00:01:00		Mudar fresa	2246	540
ON	14-nov	02:06:00	02:56:00	00:50:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	14-nov	02:56:00	02:58:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
OFF	14-nov	02:58:00	03:05:00	00:07:00		Limpar Mesa	2246	540
ON	14-nov	03:05:00	03:45:00	00:40:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	14-nov	03:45:00	03:46:00	00:01:00		Mudar fresa	2246	540
ON	14-nov	03:46:00	04:06:00	00:20:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	14-nov	04:06:00	04:07:00	00:01:00		Mudar fresa	2246	540
ON	14-nov	04:07:00	04:47:00	00:40:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	14-nov	04:47:00	04:48:00	00:01:00		Mudar fresa	2246	540
OFF	14-nov	04:48:00	04:55:00	00:07:00		Limpar Mesa	2246	540
ON	14-nov	04:55:00	05:20:00	00:25:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	14-nov	05:20:00	05:21:00	00:01:00		Mudar fresa	2246	540
ON	14-nov	05:21:00	05:30:00	00:09:00	11VH1-4	Desbaste	2246	540
OFF	14-nov	05:30:00	05:37:00	00:07:00		Limpar Mesa	2246	540
ON	14-nov	05:37:00	06:30:00	00:53:00	11VH2	Desbaste	2246	540
ON	14-nov	06:30:00	07:00:00	00:30:00	11VH3	Maquinar Planos - desbaste	2246	540
OFF	14-nov	07:00:00	07:15:00	00:15:00		Comparar Ferramenta	2246	540
ON	14-nov	07:15:00	08:00:00	00:45:00		Maquinar Mestras - desbaste	2246	540
OFF	14-nov	08:00:00	10:30:00	02:30:00		Retirar Molde + Limpar Máquina	2246	540
OFF	14-nov	10:30:00	11:30:00	01:00:00		2º aperto (trás) + comparar + centrar peça	2246	540
OFF	14-nov	11:30:00	12:30:00	01:00:00		Ausência de operador	2246	540
OFF	14-nov	12:30:00	13:30:00	01:00:00		Avaria	2246	540
OFF	14-nov	13:30:00	13:45:00	00:15:00		Avaria		
ON	14-nov	13:45:00	14:10:00	00:25:00	11VH4A	Desbaste	2246	540
OFF	14-nov	14:10:00	14:15:00	00:05:00		Mudar ferramenta	2246	540
ON	14-nov	14:15:00	14:23:00	00:08:00	11VH4A	Desbaste	2246	540
ON	14-nov	17:00:00	17:10:00	00:10:00	11VH4A	Desbaste	2246	540
OFF	14-nov	17:10:00	17:20:00	00:10:00	11VH4B	Alteração Programa	2246	540
OFF	14-nov	17:20:00	17:24:00	00:04:00		Mudar fresa	2246	540
ON	14-nov	17:24:00	18:35:00	01:11:00	11VH4B	Desbaste	2246	540
OFF	14-nov	18:35:00	18:38:00	00:03:00		Mudar fresa	2246	540
ON	14-nov	18:38:00	19:13:00	00:35:00	11VH4B	Desbaste	2246	540
OFF	14-nov	19:13:00	19:15:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
ON	14-nov	19:15:00	20:02:00	00:47:00	11VH4B	Desbaste	2246	540
OFF	14-nov	20:02:00	20:04:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
OFF	14-nov	20:04:00	20:45:00	00:41:00		Limpar Mesa	2246	540
OFF	14-nov	20:45:00	21:35:00	00:50:00	11VH4C	Alteração Programa	2246	540
ON	14-nov	21:35:00	22:40:00	01:05:00	11VH4C	Desbaste	2246	540
OFF	14-nov	22:40:00	22:42:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
ON	14-nov	22:42:00	23:12:00	00:30:00	11VH4C	Desbaste	2246	540

Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes  
para injeção de termoplásticos.

OFF	14-nov	23:12:00	23:14:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
ON	15-nov	23:14:00	00:30:00	01:16:00	11VH4C	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	00:30:00	00:32:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
OFF	15-nov	00:32:00	00:42:00	00:10:00		Limpar mesa	2246	540
ON	15-nov	00:42:00	02:00:00	01:18:00	11VH4C	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	02:00:00	02:02:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
ON	15-nov	02:02:00	02:42:00	00:40:00	11VH4C	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	02:42:00	02:44:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
ON	15-nov	02:44:00	03:35:00	00:51:00	11VH4C	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	03:35:00	03:36:00	00:01:00		Mudar fresa	2246	540
ON	15-nov	03:36:00	05:05:00	01:29:00	11VH4C	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	05:05:00	05:06:00	00:01:00		Mudar fresa	2246	540
OFF	15-nov	05:06:00	05:20:00	00:14:00		Limpar mesa	2246	540
ON	15-nov	05:20:00	06:30:00	01:10:00	11VH4C	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	06:30:00	06:32:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
OFF	15-nov	06:32:00	06:39:00	00:07:00	11VH4D	Alteração Programa	2246	540
ON	15-nov	06:39:00	08:00:00	01:21:00	11VH4D	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	08:00:00	08:05:00	00:05:00		Mudar fresa	2246	540
ON	15-nov	08:05:00	09:00:00	00:55:00	11VH4D	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	09:00:00	09:05:00	00:05:00		Mudar fresa	2246	540
OFF	15-nov	09:05:00	09:20:00	00:15:00		Limpar mesa	2246	540
ON	15-nov	09:20:00	10:35:00	01:15:00	11VH4D	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	10:35:00	10:40:00	00:05:00		Mudar fresa	2246	540
OFF	15-nov	10:40:00	10:45:00	00:05:00		Limpar mesa	2246	540
ON	15-nov	10:45:00	13:00:00	02:15:00	11VH4D	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	13:00:00	13:05:00	00:05:00		Mudar fresa	2246	540
OFF	15-nov	13:05:00	13:30:00	00:25:00		Limpar mesa	2246	540
ON	15-nov	13:30:00	14:05:00	00:35:00	11VH4D	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	14:05:00	14:10:00	00:05:00		Mudar fresa	2246	540
ON	15-nov	14:10:00	14:30:00	00:20:00	11VH4D	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	14:30:00	14:47:00	00:17:00		Alteração Programa	2246	540
OFF	15-nov	14:47:00	14:50:00	00:03:00		Mudar fresa	2246	540
ON	15-nov	14:50:00	15:11:00	00:21:00	11VH4D	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	15:11:00	15:13:00	00:02:00		Mudar fresa	2246	540
ON	15-nov	15:13:00	15:50:00	00:37:00	11VH4D	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	15:50:00	15:53:00	00:03:00		Mudar fresa	2246	540
OFF	15-nov	15:53:00	16:00:00	00:07:00		Alteração Programa	2246	540
ON	15-nov	16:00:00	16:36:00	00:36:00	11VH4D	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	16:36:00	16:40:00	00:04:00		Mudar fresa	2246	540
ON	15-nov	16:40:00	17:05:00	00:25:00	11VH4D	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	17:05:00	18:30:00	01:25:00		Comparar e centrar peça	2246	540
ON	15-nov	18:30:00	18:55:00	00:25:00	11VH4D	Desbaste	2246	540
OFF	15-nov	18:55:00	21:00:00	02:05:00		Limpeza Geral	2246	540
OFF	15-nov	21:00:00	23:01:00	02:01:00		Avaria	2246	540

Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes  
para injeção de termoplásticos.

OFF	18-nov	06:00:00	08:00:00	02:00:00		Avaria	2246	540
OFF	18-nov	12:30:00	13:00:00	00:30:00		Comparar + centrar	2246	540
ON	18-nov	13:00:00	14:30:00	01:30:00		Redesbaste	2246	540
ON	18-nov	14:30:00	15:00:00	00:30:00		Redesbaste	2246	540
OFF	18-nov	15:00:00	15:15:00	00:15:00		Mudar pastilhas	2246	540
ON	18-nov	15:15:00	16:15:00	01:00:00		Redesbaste	2246	540
OFF	18-nov	16:15:00	16:30:00	00:15:00		Mudar pastilhas	2246	540
ON	18-nov	16:30:00	17:30:00	01:00:00		Redesbaste	2246	540
OFF	18-nov	17:30:00	17:45:00	00:15:00		Mudar pastilhas	2246	540
ON	18-nov	17:45:00	18:45:00	01:00:00		Redesbaste	2246	540
OFF	18-nov	18:45:00	19:00:00	00:15:00		Mudar pastilhas	2246	540
OFF	18-nov	19:00:00	19:30:00	00:30:00		Ausência de operador	2246	540
ON	18-nov	19:30:00	20:30:00	01:00:00		Redesbaste	2246	540
OFF	18-nov	20:30:00	21:00:00	00:30:00		Limpar mesa	2246	540
OFF	18-nov	21:00:00	21:15:00	00:15:00		Mudar ferramentas + centrar ferramenta	2246	540
ON	18-nov	21:15:00	22:30:00	01:15:00		Pré-Acabamento nos cones	2246	540
OFF	18-nov	22:30:00	23:00:00	00:30:00		Mudança de turno	2246	540
ON	19-nov	23:00:00	03:00:00	04:00:00		Acabamento Cones	2246	540
OFF	19-nov	03:00:00	08:00:00	05:00:00		Avaria	2246	540
ON	19-nov	12:00:00	12:45:00	00:45:00		Redesbaste	2246	540
OFF	19-nov	12:45:00	13:00:00	00:15:00		Comparar e centrar	2246	540
ON	19-nov	13:00:00	14:30:00	01:30:00	11VH15/16/23/24	Pré-acabamento	2246	540
OFF	19-nov	14:30:00	15:00:00	00:30:00		Mudança de turno	2246	540
ON	19-nov	15:00:00	17:00:00	02:00:00	11VH15/16/23/24	Pré-acabamento	2246	540
OFF	19-nov	17:00:00	17:15:00	00:15:00		Mudar pastilhas	2246	540
ON	19-nov	17:15:00	20:00:00	02:45:00	11VH26	Pré-acabamento	2246	540
OFF	19-nov	20:00:00	20:08:00	00:08:00		Alteração Programa	2246	540
ON	19-nov	20:08:00	22:50:00	02:42:00	11VH18	Pré-acabamento	2246	540
OFF	19-nov	22:50:00	23:00:00	00:10:00		Alteração Programa	2246	540
ON	20-nov	23:00:00	06:30:00	07:30:00	11VH19	Acabamento	2246	540
ON	20-nov	06:30:00	14:00:00	07:30:00	11VH27/28	Acabamento	2246	540
OFF	20-nov	14:00:00	14:05:00	00:05:00		Mudar ferramenta	2246	540
OFF	20-nov	14:05:00	14:30:00	00:25:00		Mudança de turno	2246	540
ON	20-nov	14:30:00	16:30:00	02:00:00		Maquinar Mestras - desbaste	2246	540
OFF	20-nov	16:30:00	17:00:00	00:30:00		Espera de Ponte	2246	540
OFF	20-nov	17:00:00	17:30:00	00:30:00		Limpar Máquina	2246	540
OFF	20-nov	17:30:00	21:00:00	03:30:00		Retirar peça 540 + colocar nova peça 100 + apertar + comparar + centrar	2246	100
ON	20-nov	21:00:00	21:40:00	00:40:00	11VU1	Desbaste	2246	100
OFF	20-nov	21:40:00	21:50:00	00:10:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	20-nov	21:50:00	23:00:00	01:10:00	11VU1	Desbaste	2246	100
OFF	20-nov	23:00:00	23:02:00	00:02:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	20-nov	23:02:00	00:00:00	00:58:00	11VU1	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	00:00:00	00:02:00	00:02:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	21-nov	00:02:00	00:30:00	00:28:00	11VU1	Desbaste	2246	100

Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes  
para injeção de termoplásticos.

OFF	21-nov	00:30:00	00:32:00	00:02:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	21-nov	00:32:00	01:10:00	00:38:00	11VU1	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	01:10:00	01:40:00	00:30:00		Avaria	2246	100
ON	21-nov	01:40:00	02:20:00	00:40:00	11VU1	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	02:20:00	02:25:00	00:05:00		Mudar Fresa	2246	100
OFF	21-nov	02:25:00	02:55:00	00:30:00		Limpar mesa	2246	100
ON	21-nov	02:55:00	03:30:00	00:35:00	11VU1	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	03:30:00	03:35:00	00:05:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	21-nov	03:35:00	04:00:00	00:25:00	11VU1	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	04:00:00	04:05:00	00:05:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	21-nov	04:05:00	04:25:00	00:20:00	11VU1	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	04:25:00	04:26:00	00:01:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	21-nov	04:26:00	05:00:00	00:34:00	11VU1	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	05:00:00	05:01:00	00:01:00		Mudar Fresa	2246	100
OFF	21-nov	05:01:00	05:10:00	00:09:00		Limpar Mesa	2246	100
ON	21-nov	05:10:00	05:30:00	00:20:00	11VU1	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	05:30:00	05:32:00	00:02:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	21-nov	05:32:00	06:00:00	00:28:00	11VU1	Desbaste	2246	100
ON	21-nov	06:00:00	06:30:00	00:30:00	11VU2	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	06:30:00	06:31:00	00:01:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	21-nov	06:31:00	07:00:00	00:29:00	11VU2	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	07:00:00	07:01:00	00:01:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	21-nov	07:01:00	07:30:00	00:29:00	11VU2	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	07:30:00	07:31:00	00:01:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	21-nov	07:31:00	08:00:00	00:29:00	11VU2	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	08:00:00	08:01:00	00:01:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	21-nov	08:01:00	08:57:00	00:56:00	11VU2	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	08:57:00	09:00:00	00:03:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	21-nov	09:00:00	09:50:00	00:50:00	11VU2	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	09:50:00	09:58:00	00:08:00		Limpar Mesa	2246	100
OFF	21-nov	09:58:00	10:00:00	00:02:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	21-nov	10:00:00	10:40:00	00:40:00	11VU2	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	10:40:00	10:41:00	00:01:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	21-nov	10:41:00	11:20:00	00:39:00	11VU2	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	11:20:00	11:21:00	00:01:00		Mudar fresa	2246	100
ON	21-nov	11:21:00	11:55:00	00:34:00	11VU2	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	11:55:00	11:59:00	00:04:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	21-nov	11:59:00	12:06:00	00:07:00	11VU2	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	12:06:00	12:11:00	00:05:00		Mudar fresa	2246	100
ON	21-nov	12:11:00	12:20:00	00:09:00	11VU2	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	12:20:00	12:31:00	00:11:00		Mudar fresa	2246	100
ON	21-nov	12:31:00	12:45:00	00:14:00	11VU2	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	12:45:00	12:48:00	00:03:00		Alteração Programa	2246	100
ON	21-nov	12:48:00	13:25:00	00:37:00	11VU4	Desbaste	2246	100



Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes  
para injeção de termoplásticos.

OFF	21-nov	13:25:00	13:28:00	00:03:00		Mudar fresa	2246	100
ON	21-nov	13:28:00	14:10:00	00:42:00	11VU4	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	14:10:00	14:13:00	00:03:00		Mudar Fresa	2246	100
OFF	21-nov	14:13:00	14:20:00	00:07:00		Limpar Mesa	2246	100
ON	21-nov	14:20:00	15:00:00	00:40:00	11VU4	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	15:00:00	15:05:00	00:05:00		Mudar Fresa	2246	100
OFF	21-nov	15:05:00	15:15:00	00:10:00		Limpar Mesa	2246	100
ON	21-nov	15:15:00	16:00:00	00:45:00	11VU4	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	16:00:00	16:05:00	00:05:00		Mudar Fresa	2246	100
OFF	21-nov	16:05:00	16:15:00	00:10:00		Limpar Mesa	2246	100
ON	21-nov	16:15:00	17:00:00	00:45:00	11VU4	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	17:00:00	17:08:00	00:08:00		Mudar Fresa	2246	100
OFF	21-nov	17:08:00	17:18:00	00:10:00		Limpar Mesa	2246	100
ON	21-nov	17:18:00	17:58:00	00:40:00	11VU4	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	17:58:00	18:02:00	00:04:00		Mudar Fresa	2246	100
OFF	21-nov	18:02:00	18:12:00	00:10:00		Limpar Mesa	2246	100
ON	21-nov	18:12:00	18:58:00	00:46:00	11VU4	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	18:58:00	19:00:00	00:02:00		Mudar Fresa	2246	100
OFF	21-nov	19:00:00	19:11:00	00:11:00		Limpar Mesa	2246	100
	21-nov	19:11:00	19:20:00	00:09:00		S/ registo	2246	100
ON	21-nov	19:20:00	21:25:00	02:05:00	11VU4	Desbaste	2246	100
OFF	21-nov	21:25:00	21:30:00	00:05:00		Mudar Fresa	2246	100
OFF	21-nov	21:30:00	21:34:00	00:04:00		Limpar Mesa	2246	100
ON	21-nov	21:34:00	22:30:00	00:56:00	11VU4	Desbaste	2246	100
OFF	22-nov	22:30:00	08:00:00	09:30:00		Avaria	2246	100
ON	22-nov	14:05:00	15:00:00	00:55:00	11VU5	Desbaste	2246	100
OFF	22-nov	15:00:00	15:03:00	00:03:00		Mudar Fresa	2246	100
OFF	22-nov	15:03:00	15:09:00	00:06:00		Limpar mesa	2246	100
ON	22-nov	15:09:00	16:00:00	00:51:00	11VU5	Desbaste	2246	100
OFF	22-nov	16:00:00	16:07:00	00:07:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	22-nov	16:07:00	16:39:00	00:32:00	11VU5	Desbaste	2246	100
ON	22-nov	17:20:00	17:50:00	00:30:00	11VU5	Desbaste	2246	100
OFF	22-nov	17:50:00	17:55:00	00:05:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	22-nov	17:55:00	18:25:00	00:30:00	11VU5	Desbaste	2246	100
OFF	22-nov	18:25:00	18:32:00	00:07:00		Mudar fresa	2246	100
ON	22-nov	18:32:00	19:05:00	00:33:00	11VU5	Desbaste	2246	100
OFF	22-nov	19:05:00	19:10:00	00:05:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	22-nov	19:10:00	19:40:00	00:30:00	11VU5	Desbaste	2246	100
OFF	22-nov	19:40:00	19:45:00	00:05:00		Mudar fresa	2246	100
ON	22-nov	19:45:00	20:30:00	00:45:00	11VU5	Desbaste	2246	100
OFF	22-nov	20:30:00	20:33:00	00:03:00		Mudar Fresa	2246	100
OFF	22-nov	20:33:00	20:40:00	00:07:00		Limpar Mesa	2246	100
ON	22-nov	20:40:00	20:50:00	00:10:00	11VU5	Desbaste	2246	100
OFF	22-nov	20:50:00	21:00:00	00:10:00	11VU6	Alteração Programa	2246	100

Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes  
para injeção de termoplásticos.

ON	22-nov	21:00:00	21:58:00	00:58:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	22-nov	21:58:00	21:59:00	00:01:00		Mudar Fresa	2246	100
ON	22-nov	21:59:00	22:30:00	00:31:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	22-nov	22:30:00	23:00:00	00:30:00		Avaria	2246	100
OFF	25-nov	06:00:00	07:00:00	01:00:00		Avaria	2246	100
ON	25-nov	07:00:00	07:45:00	00:45:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	07:45:00	07:46:00	00:01:00		Mudar fresa	2246	100
ON	25-nov	07:46:00	08:15:00	00:29:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	08:15:00	08:18:00	00:03:00		Mudar fresa / Limpeza	2246	100
ON	25-nov	08:18:00	09:00:00	00:42:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	09:00:00	09:05:00	00:05:00		Mudar fresa / Limpeza	2246	100
ON	25-nov	09:05:00	09:29:00	00:24:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	09:29:00	09:30:00	00:01:00		Mudar fresa / Limpeza	2246	100
ON	25-nov	09:30:00	10:10:00	00:40:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	10:10:00	10:11:00	00:01:00		Mudar fresa / Limpeza	2246	100
ON	25-nov	10:11:00	10:50:00	00:39:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	10:50:00	10:56:00	00:06:00		Mudar fresa/ limpeza	2246	100
ON	25-nov	10:56:00	11:40:00	00:44:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	11:40:00	11:45:00	00:05:00		Mudar fresa / Limpeza	2246	100
ON	25-nov	11:45:00	12:20:00	00:35:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	12:20:00	12:25:00	00:05:00		Mudar fresa / Limpeza	2246	100
ON	25-nov	12:25:00	13:00:00	00:35:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	13:00:00	13:05:00	00:05:00		Mudar fresa/ limpeza	2246	100
ON	25-nov	13:05:00	13:45:00	00:40:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	13:45:00	13:50:00	00:05:00		Mudar fresa/ limpeza	2246	100
ON	25-nov	13:50:00	14:30:00	00:40:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	14:30:00	14:45:00	00:15:00		Mudar fresa / Limpeza	2246	100
ON	25-nov	14:45:00	15:20:00	00:35:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	15:20:00	15:35:00	00:15:00		Mudar fresa / Limpeza	2246	100
ON	25-nov	15:35:00	16:15:00	00:40:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	16:15:00	16:30:00	00:15:00		Mudar fresa / Limpeza	2246	100
ON	25-nov	16:30:00	17:15:00	00:45:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	17:15:00	17:30:00	00:15:00		Mudar fresa / Limpeza	2246	100
ON	25-nov	17:30:00	18:05:00	00:35:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	18:05:00	18:08:00	00:03:00		Mudar fresa	2246	100
ON	25-nov	18:08:00	18:50:00	00:42:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	18:50:00	19:05:00	00:15:00		Mudar fresa / Limpeza	2246	100
ON	25-nov	19:05:00	19:42:00	00:37:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	19:42:00	19:45:00	00:03:00		Mudar fresa	2246	100
ON	25-nov	19:45:00	20:25:00	00:40:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	20:25:00	20:40:00	00:15:00		Mudar fresa / Limpeza	2246	100
ON	25-nov	20:40:00	21:30:00	00:50:00	11VU6	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	21:30:00	22:00:00	00:30:00		Limpeza Geral	2246	100
OFF	25-nov	22:00:00	22:15:00	00:15:00		Troca de ferramenta - cone + fresa	2246	100

Novas técnicas e ferramentas para operações de Montagem e afinação de componentes na indústria de moldes  
para injeção de termoplásticos.

ON	25-nov	22:15:00	23:00:00	00:45:00	11VU7	Desbaste	2246	100
OFF	25-nov	23:00:00	23:01:00	00:01:00		Mudar fresa	2246	100
ON	26-nov	23:01:00	02:30:00	03:29:00	11VU7	Desbaste	2246	100
OFF	26-nov	02:30:00	02:40:00	00:10:00		Mudar fresa - limpeza	2246	100
ON	26-nov	02:40:00	05:00:00	02:20:00	11VU7	Desbaste	2246	100
ON	26-nov	05:00:00	08:17:00	03:17:00	11VU8	Desbaste	2246	100
OFF	26-nov	08:17:00	08:30:00	00:13:00		Troca de ferramenta - fresa partiu	2246	100
ON	26-nov	08:30:00	11:40:00	03:10:00	11VU8	Desbaste	2246	100
OFF	26-nov	11:40:00	12:15:00	00:35:00		Limpeza + Virar peça	2246	100
ON	26-nov	12:15:00	14:00:00	01:45:00		Galgar face traseira peça - desbaste	2246	100
OFF	26-nov	14:00:00	14:30:00	00:30:00		Apertar molde	2246	100
OFF	26-nov	14:30:00	15:00:00	00:30:00		Apertar molde	2246	100
ON	26-nov	15:00:00	16:00:00	01:00:00	?	Maquinação de Planos - desbaste	2246	100
ON	26-nov	16:00:00	16:10:00	00:10:00		Furação	2246	100
ON	26-nov	16:10:00	16:10:00	00:00:00		Maquinação cubo - desbaste	2246	100
ON	26-nov	16:10:00	17:20:00	01:10:00		Roscar	2246	100
OFF	26-nov	17:20:00	17:45:00	00:25:00		Limpeza	2246	100
ON	26-nov	19:00:00	23:00:00	04:00:00	?	Desbaste	2246	100
ON	27-nov	23:00:00	02:00:00	03:00:00	11VU13	Desbaste	2246	100
OFF	27-nov	02:00:00	02:03:00	00:03:00		Alteração Programa		
ON	27-nov	02:03:00	06:15:00	04:12:00	11VU15	Desbaste	2246	100
OFF	27-nov	06:15:00	06:25:00	00:10:00		Troca de ferramenta	2246	100
ON	27-nov	06:25:00	14:30:00	08:05:00	11VU17	Redesbaste	2246	100
OFF	27-nov	14:30:00	14:45:00	00:15:00		Mudança de turno	2246	100
OFF	27-nov	14:45:00	15:00:00	00:15:00		Troca de ferramenta	2246	100
ON	27-nov	15:00:00	16:00:00	01:00:00	11VU17C	Redesbaste	2246	100
OFF	27-nov	16:00:00	16:03:00	00:03:00		Alteração Programa		
ON	27-nov	16:03:00	17:00:00	00:57:00	11VU17	Redesbaste	2246	100
ON	27-nov	17:00:00	19:00:00	02:00:00	11VU19	Redesbaste	2246	100
ON	27-nov	19:00:00	23:00:00	04:00:00	11VU21	Redesbaste	2246	100
OFF	27-nov	23:00:00	23:10:00	00:10:00		Troca de ferramenta		
ON	28-nov	23:10:00	00:00:00	00:50:00	11VU30	Pré-acabamento	2246	100
ON	28-nov	00:00:00	02:00:00	02:00:00	11VU30	Pré-acabamento	2246	100
ON	28-nov	02:00:00	05:00:00	03:00:00	11VU32	Pré-acabamento	2246	100
ON	28-nov	05:00:00	12:30:00	07:30:00	11VU27/28	Pré-acabamento	2246	100

	Tempo Total (h)	Tempo em ON (h)	Tempo em OFF (h)
Tempo Mecof (h)	228:40:00	172:14:00	56:02:00
Percentagem (%)		75,37	24,53

